

Прогноз и поиски медно-порфировых и сопряжённых благородно-металльных руд в Кавральянской металлогенической подзоне Охотско-Чукотской минерагенической провинции

Аннотация. Описаны методология и методы, применённые при прогнозировании и поисках медно-порфировых и сопряжённых благороднометалльных руд в Кавральянской подзоне Пенжинско-Анадырской металлогенической зоны Охотско-Чукотской минерагенической провинции. Они включали: создание структурно-формационной, геофизической и геохимической основ прогнозного районирования территории с оконтуриванием потенциальных рудных районов, эквивалентных рудно-магматическим системам с комплексной металлогенией, и потенциальных рудных полей, отвечающих их внутренним и фланговым частям; построение прогнозно-поисковых моделей таких систем; выделение на их основе перспективных участков для постановки поисковых работ.

Комплексный подход позволил положительно оценить перспективы выявления медно-порфировых месторождений на территории Юго-Западной Чукотки, о чём свидетельствуют: установленные формации трёх разновозрастных вулкано-плутонических поясов, потенциально продуктивные на медно-порфировые и сопряжённые золото-полисульфидные и золото-серебряные руды; выявленные рудообразующие системы с металлогенической и рудно-метасоматической зональностью, соответствующей известным модельным построениям; локализованные и апробированные прогнозные ресурсы меди, золота и серебра Ольховского рудного поля.

Рассмотренные методические подходы к решению прогнозно-поисковых задач могут быть использованы при реализации будущих геологоразведочных проектов, направленных на обнаружение месторождений медно-порфировых и сопряжённых руд благородных металлов в Чукотском АО и Дальневосточном ФО в целом.

Ключевые слова: вулкано-плутонические пояса, медно-порфировые месторождения, металлогения, прогноз, поиски, прогнозно-поисковые модели, рудно-магматические системы, рудные районы и поля.

ЗВЕЗДОВ ВАДИМ СТАНИСЛАВОВИЧ, доктор геолого-минералогических наук, начальник отдела, zvezdov@tsnigri.ru

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

ЧУРИЛОВА ТАТЬЯНА АЛЕКСАНДРОВНА, ведущий инженер, churilova@tsnigri.ru

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

Geological forecasting and prospecting for porphyry copper deposits and for their associated precious metal ores in the Kavral'yan metallogenic subzone of the Okhotsk-Chukotka minerogenic province

V. S. ZVEZDOV, I. F. MIGACHEV, T. A. CHURILOVA

Federal State Budgetary Institution "Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals" (FSBI "TsNIGRI"), Moscow

Annotation. This paper describes the methodology and techniques of the forecasting and prospecting for porphyry copper deposits and associated precious metal ores, applied in the Kavral'yan subzone of the Penzhina-Anadyr metallogenic zone of the Okhotsk-Chukotka minerogenic province. These methods included: (1) development of a structural-formational, geophysical, and geochemical bases for the forecasting regionalization of the territory, with delineation of potential ore regions (equivalent to ore-magmatic systems with complex metallogeny) and of potential ore fields (corresponding to internal and flank portions of the regions); (2) development of forecasting exploration models of such ore-magmatic systems; and (3) identification, on this grounds, of promising areas for the geological exploration.

Such an integrated approach has ensured a positive assessment of the prospects for revealing new porphyry copper deposits in the territory of southwestern Chukotka. This is evidenced by the established geological formations of three volcano-plutonic belts of different ages, potentially productive for porphyry copper and associated gold-polysulfide and gold-silver ores; identified ore-forming systems with metallogenic and ore-metasomatic zonation corresponding to the well-known models; and localized and approved forecasted resources of copper, gold, and silver in the Olkhovka ore field.

These methodological approaches to solving the forecasting and exploration tasks can be implemented during the future exploration projects to discover new porphyry copper and their associated precious metal ore deposits in the Chukotka Autonomous Okrug and the Far Eastern Federal District as a whole.

Key words: volcano-plutonic belts, porphyry copper deposits, metallogeny, forecast, prospecting, forecasting and prospecting models, ore-magmatic systems, ore regions and fields.

Поиски месторождений медно-порфиrowого геолого-промышленного типа (ГПТ), обладающих значительными запасами Cu, Mo, Au, Ag, Re, являются одним из приоритетных направлений деятельности геологоразведочной отрасли Российской Федерации. Основными перспективами для их обнаружения обладают восточные регионы страны, в том числе Чукотский АО, где в Баимском рудном районе (РР) Ненкано-Баимской металлогенической зоны (МЗ) юрско-раннемелового Курьинского вулканоплутонического пояса (ВПП) находится крупное Au-Mo-Cu-порфировое месторождение Песчанка. В том же районе расположены рядовое месторождение Находка и несколько рудопроявлений того же типа, а также сопряжённые с ними в объёме единой комплексной медно-порфировой рудно-магматической системы (КМП РМС) мезо- и эпиптермальные проявления Au-полисульфидных и Au-Ag жильно-прожилковых руд. Юго-восточнее в названном поясе находится Иннахский потенциальный рудный район (ПРР) с серией подобных рудопроявлений. Кроме них на территории Юго-Западной Чукотки для поисков медно-порфировых месторождений перспективны также Танюрерский, Ольховский, Серовский, Хиузно-Ушканьинский и Цирковой ПРР, выделенные в структурах позднеюрско-неокомового Удско-Мургальского, ранне-позднемелового Охотско-Чукотского и палеоценового Оклано-Пенжинского ВПП (рис. 1). Первый и третий из названных поясов относятся к числу рифтогенных, сложенных островодужными вулканоплутоническими ассоциациями (ВПА). От островодужных надсубдукционных базальтоидных ВПП они отличаются существенной ролью андезитовой составляющей в вулканогенных формациях и низкими содержа-

ниями Au в рудах медно-порфировых объектов. Кроме того, для них характерны низкие содержания Mo.

В поперечном латеральном ряду позднемезозойских и кайнозойских геоструктур Охотско-Чукотский окраинно-континентальный (орогенно-активизационный) андезитоидный ВПП смещён (с частичным перекрытием) относительно предшествующего Удско-Мургальского вглубь континента, а самый молодой Оклано-Пенжинский – смещён в противоположном направлении. На рассматриваемой территории эти пояса протягиваются параллельно друг другу, образуя единую дугообразную систему северо-восточной ориентировки в области сочленения Азиатского континента с позднемезозойскими окраинно-морскими и островодужными геоструктурами Корьякско-Западно-Камчатского региона [20].

ВПА Охотско-Чукотского и предшествующего Удско-Мургальского ВПП прослеживаются по окраине континента далеко на юго-запад вплоть до Удского залива и Джугджурского хребта. Наиболее крупные выходы островодужных комплексов второго из поясов (вулканогенных, плутоногенных, вулканогенно-терригенных, терригенных, молассовых) на дневную поверхность отмечены на полуостровах Тайгонос, Кони-Пьягина, Охотском побережье, хребте Джугджур [24], где Кони-Тайгоноская (Удско-Мургальская) раздвиговошовная (рифтогенная) зона «отделяет» Евразийскую плиту от Охотской (Охотоморской). На северо-восток эти же пояса протягиваются до Берингова пролива.

Ольховский и расположенный южнее Серовский ПРР выделены при среднемасштабном прогнозировании в Кавральянской подзоне (МПЗ) Пен-

жинско-Анадырской металлогенической зоны Охотско-Чукотской минерагенической провинции. Подзона протяжённостью более 100 км и площадью около 2350 км² околонулена по ареалу распространения габбро-диорит-гранодиорит-гранитной (с монзонитоидным уклоном) формации (кавралянского комплекса) раннего этапа формирования Охотско-Чукотского ВПП, продуктивной на медно-порфиновые руды, в специфической обстановке сочленения (по зоне Анадырского глубинного разлома) вулканопрогибов данного пояса и Мургалевского горст-антиклинория (рис. 2).

В 2009–2012 гг. на Убиенкинской, Ольховской и Серовской лицензионных площадях в названных ПРР за счёт средств федерального бюджета ФГУП «ЦНИГРИ» и ОАО «Георегион» были проведены поисковые работы, целью которых являлась оценка перспектив выявления медно-порфировых месторождений с локализацией и оценкой прогнозных ресурсов меди и попутных компонентов руд, подготовкой рекомендаций по дальнейшим ГРР и лицензированию участков недр. Для достижения поставленной цели был применён стандартный *прогнозно-поисковый комплекс (ППК)* методов и методик, разработанный в ЦНИГРИ применительно к месторождениям цветных и благородных металлов, включая медно-порфиновые [16, 17, 22, 23 и др.].

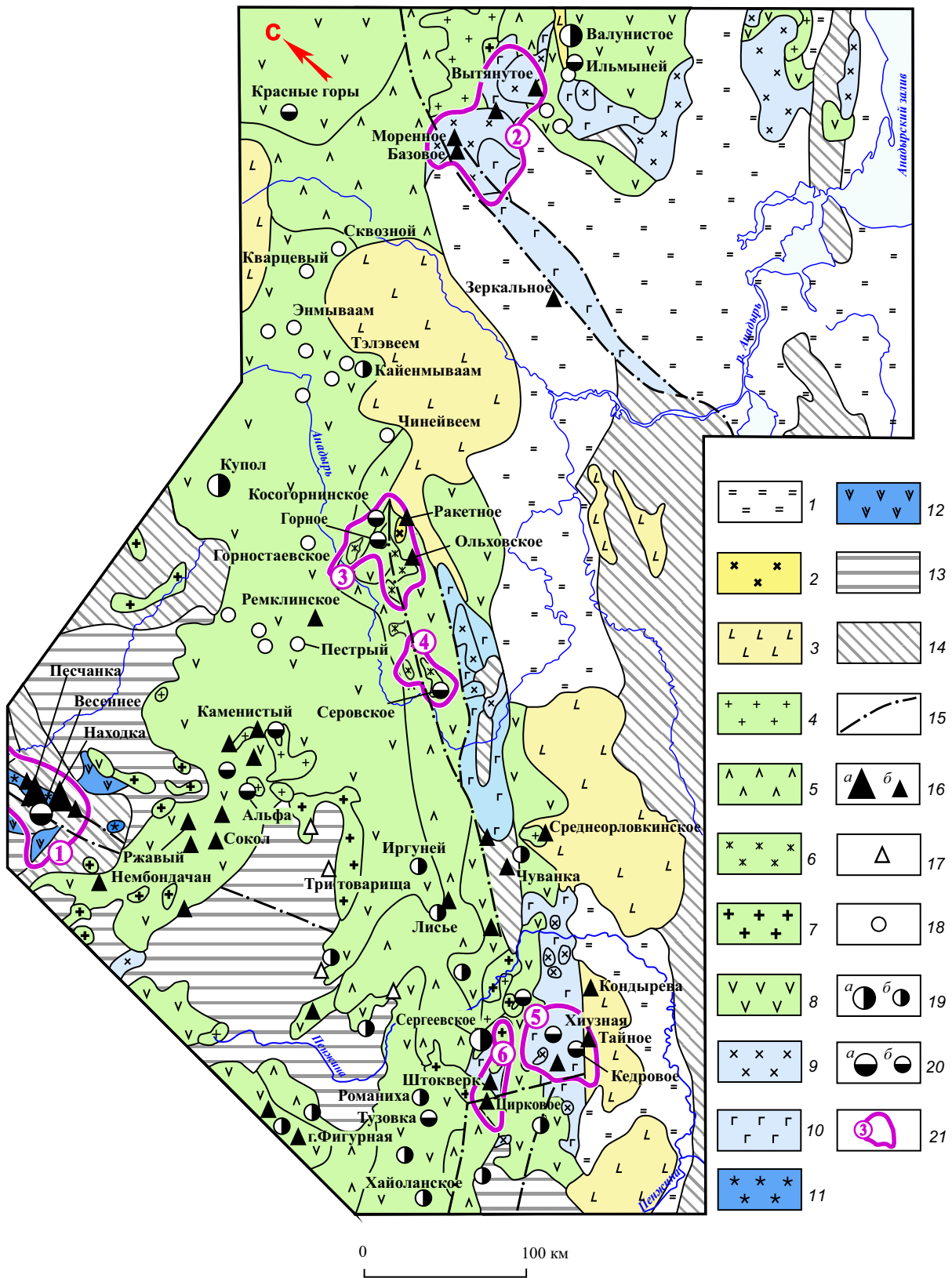
В поисковых работах на Убиенкинской и Серовской площадях участвовали сотрудники института: В. Е. Васюков, В. С. Звездов (руководитель работ по проекту), О. В. Минина, В. В. Столяренко, Е. Е. Чернов, Д. А. Шумилин. Эти работы включали в себя: *предполевые исследования*: сбор, анализ и комплексную интерпретацию фондовых материалов предшествующих ГРР с построением предварительных (рабочих) вариантов прогнозно-поисковых моделей (ППМ) потенциальных рудных районов (ПРР) и полей (ПРП), геологических и прогнозных карт, планов и разрезов; *полевые работы*: специализированные геологические и геолого-поисковые маршруты масштаба 1 : 50 000, 1 : 25 000, 1 : 10 000–1 : 2 000; геохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния (ВОР) по площадям: ПРР масштаба 1 : 50 000, ПРП – 1 : 25 000, участку Ольховскому – 1 : 10 000; магнито- и электроразведку (СЭП-ВП, ВЭЗ-ВП, ЕП), гамма-спектрометрию масштаба 1 : 25 000–1 : 10 000 в пределах ПРП; проходку канав и бурение керновых скважин (с ГИС) на перспективных поисковых участках (ПУ); опробование (штуфное, ско-

ловое, бороздовое, керновое и др.); *лабораторные петрографические, рудно-микроскопические и аналитические исследования*; камеральную обработку результатов. ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика» проведена комплексная интерпретация данных региональных гравитационной и аэромагнитной съёмок территории с составлением геофизической основы (ГФО) её районирования, которая в комплексе с результатами космодешифрирования учтена при околонуливании разномасштабных металлогенических таксонов, а также материалов наземных геофизических съёмок, учтённых при выделении поисковых участков.

На Ольховской лицензионной площади поисковые работы за счёт госбюджета в 2009–2012 гг. были проведены ОАО «Георегион». Петрология рудовмещающих плутонических комплексов, состав руд и метасоматическая зональность Ольховского рудопоявления были изучены сотрудниками ЦНИГРИ А. В. Андреевым, О. В. Авилковой, Р. Х. Мансуровым, В. Г. Сапожниковым.

По данным выполненных полевых и лабораторно-аналитических работ были уточнены ППМ, построены разномасштабные (1 : 50 000–1 : 10 000 и 1 : 5 000–1 : 500) геологические и прогнозные карты, планы и разрезы ПРР, ПРП и ПУ; локализованы и оценены прогнозные ресурсы меди, золота, серебра. Материалы исследований изложены в отчётах [15, 19] и частично в статьях [1, 5, 20]. Однако многие результаты в открытой печати не опубликованы, в частности: созданные структурно-формационная, геофизическая и геохимическая основы районирования Кавралянской МПЗ и прогнозирования в её пределах медно-порфирового и сопряжённого благороднометалльного оруденения; прогнозно-поисковые модели ПРП; результаты геолого-геофизического моделирования и специализированных минералого-геохимических и изотопно-геохимических исследований руд и околорудных метасоматитов, учтённые при оценке перспективности ПУ и определении очередности постановки на них заверочных горно-буровых работ.

Эти материалы могут представлять определённый интерес для реализации дальнейших геологоразведочных проектов, направленных на поиски медно-порфировых и сопряжённых месторождений благородных металлов в восточных регионах России, что послужило основанием для написания двух статей. В первой статье, представленной в настоящем номере журнала, рассмотрены



региональные основы прогнозного районирования территории Кавральянской подзоны и прогнозно-поисковые модели выделенных в её пределах ПРП, эквивалентных внутренним и фланговым (периферийным) частям медно-порфировых РМС. Во второй статье планируется более подробно показать применённые для выделения и разбраковки поисковых участков методы и методики – традиционные и специализированные минералого-геохимические и изотопно-геохимические, а также обсудить возможные причины низких содержаний меди и попутных компонентов в рудах изученных объектов.

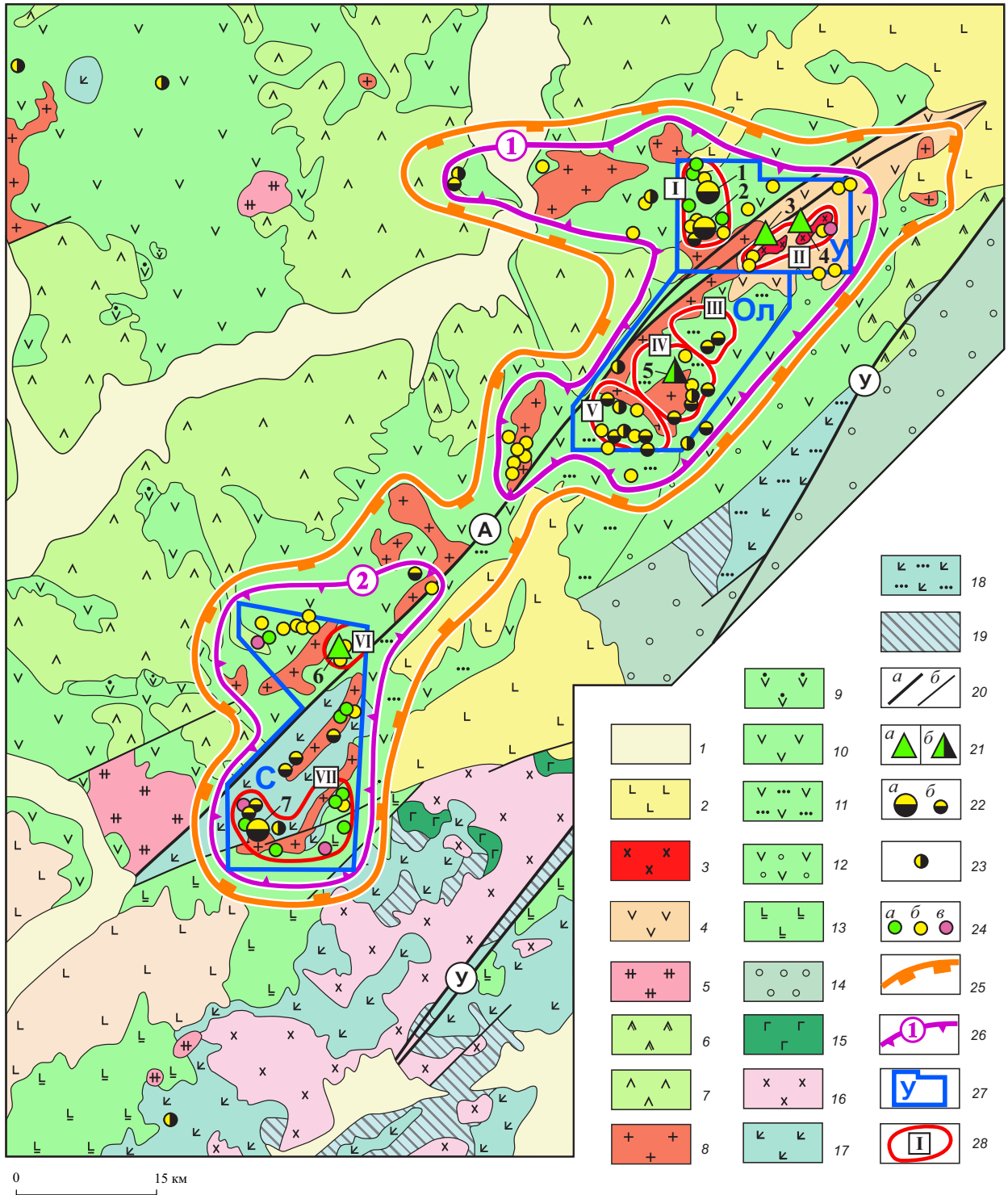
Структурно-формационная основа районирования. На рис. 2 показана геологическая карта Кавральянской МПЗ на формационной основе масштаба 1 : 500 000 с элементами прогноза медно-порфировых и сопряжённых золото-полисульфидных и золото-серебряных руд. Она построена В. С. Звездовым, И. Ф. Мигачёвым, О. В. Мининой по результатам анализа данных Государственных геологических карт, карт полезных ископаемых масштаба 1 : 200 000, объяснительных записок к ним (листы Q-59-XX, XXI, XXV, XXVI), материалов предшествующих геолого-съёмочных и поисковых работ масштаба 1 : 50 000–1 : 25 000 1964–1980 гг., поисковых работ ФГУП «ЦНИГРИ» и ОАО «Георегион» 2009–2012 гг. При составле-

нии карты учтена ГФО районирования территории, подготовленная специалистами ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика» Ю. В. Асламовым, В. Л. Альтманом, А. В. Тарасовым и др. по результатам интерпретации материалов гравитационной масштаба 1 : 200 000 и аэромагнитной масштаба 1 : 50 000 съёмок, а также геохимическая основа прогнозирования, созданная сотрудниками ОАО «Георегион» и ЦНИГРИ по данным площадного литохимического опробования масштаба 1 : 50 000 и 1 : 25 000.

Структурный, формационный и рудно-формационный анализы геологических карт масштабов 1 : 200 000 и 1 : 50 000 показал, что основными элементами строения МПЗ являются горст-антиклинальные поднятия северо-восточного простирания – Убиенкинское, Серовское и Щучьих гор Мургалевского горст-антиклинория, сложенного структурно-вещественными комплексами (СВК) Удско-Мургалевского ВПП и его палеоостроводужного основания. В ядерных частях этих поднятий – интрузивные массивы нескольких формаций, принадлежащие Пенжинско-Анадырскому звену Охотско-Чукотского и северному (Анадырскому) сегменту Оклано-Пенжинского поясов. С северо-запада к поднятиям примыкает Нижне-Еропольский (Верхне-Анадырский) вулcano-тектонический прогиб протяжённостью более 100 км и шириной

Рис. 1. Мезо-кайнозойские вулcano-плутонические пояса юго-западной Чукотки с золото-молибден-медно- и медно-порфировыми, золото-полисульфидными и золото-серебряными месторождениями и проявлениями. По [20] с изменениями:

1 – неоген-четвертичные рыхлые отложения; 2–12 – магматические формации ВПП: 2–3 – Оклано-Пенжинского (P_1): 2 – габбро-диорит-тоналит-плагиогранитная и контрастная базальт-андезит-дацитовая, 3 – контрастная андезит-дацитовая, 4–8 – Охотско-Чукотского ($K_{1,2}$): 4–5 – позднего этапа становления пояса: 4 – диорит-гранодиорит-гранитная и гранит-лейкогранитная, 5 – андезит-андезибазальтовая и дацит-риодацит-риолитовая (игнимбритовая), 6–8 – раннего этапа: 6 – габбро-диорит-гранодиорит-гранитная с монцитонитовидным уклоном поздних фаз (кавальянский комплекс), 7 – монцитонитовидная габбро-диорит-гранодиорит-гранитная и габбро-диорит-тоналит(гранодиорит)-плагиогранитная в полиформационных плутонах, 8 – предпоясовая вулcanoгенно-молассовая, андезибазальт-андезитовая, андезитовая, андезит-дацит-риолитовая и дацит-риодацитовая, 9–10 – Удско-Мургалевского (J_3-K_1nc): 9 – габбро-диорит-тоналит-плагиогранитная, 10 – андезибазальт-андезитовая терригенно-вулcanoгенная, 11–12 – Курьинского (J_3v-K_1b-v): 11 – габбро-монцитонитовая (егдэгычский комплекс), 12 – субщелочные базальтовая и андезит-дацит-риолитовая терригенно-вулcanoгенные; 13–14 – комплексы основания поясов, обнажающиеся в выступах фундамента: 13 – существенно терригенные, 14 – терригенно-вулcanoгенные; 15 – основные разрывные нарушения; 16–20 – месторождения (крупные знаки) и рудопроявления: 16 – Au-Mo-Cu-порфировые и (Mo)-Cu-порфировые, 17 – жильные молибденовые, 18 – золото-серебряной формации (без разделения на РФТ), 19 – золото-теллурическое и золото-серебряного типов, 20 – золото-полисульфидного типа; 21 – контуры известных и потенциальных рудных районов и узлов: Баимского (1), Танюрерского (2), Ольховского (3), Серовского (4), Хиузно-Ушканьинского (5), Циркового (6); ареалы распространения платобазальтов (Q) не показаны



свыше 40 км, выполненный вулканитами Охотско-Чукотского ВПП, в структуре которого по космоснимкам и данным геологической и геофизической съёмок выделены локальные вулканотектонические структуры (вулканические депрессии, кальдеры) – Тополевская, Косогорненская, Сайбинская, Авдеевская, Соболевская, Халанкинская.

Восточная часть территории, вплоть до Убиенкинского разлома, сложена вулканомиктовыми отложениями андезит-дацит-риодацитово-риолитовой (игнимбритовой) формации, синхронными и предпоясовыми молассовыми толщами, более поздними вулканитами дацит-риолитовой (игнимбритовой) формации названного пояса, а также породами андезитовой и габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитной (мургалский комплекс) формаций предшествующего Удско-Мургалского ВПП (см. рис. 2).

Главным структурным элементом рассматриваемой территории является Анадырский глубинный разлом СВ ориентировки, представляющий собой серию сближенных субпараллельных и кулисообразно расположенных крутопадающих разрывных нарушений в зоне шириной до 2 км, проявленной смятием, дроблением и гидротермальным изменением пород. Разлом контролирует положе-

ние поздне меловых интрузивов, даек, вулканотектонических структур и на значительном протяжении является северо-западной границей Мургалского антиклинория, а на юго-западе, в бассейне р. Пенжины, – внешней и внутренней зон Охотско-Чукотского пояса. Он трассируется крупной гравитационной ступенью, а в магнитном поле выражен цепочками интенсивных отрицательных аномалий.

С востока антиклинорий ограничен Убиенкинским глубинным разломом, выраженным зоной дробления мощностью в первые сотни метров. Он контролирует размещение вулканогенных и интрузивных пород Удско-Мургалского ВПП. Юго-восточный фланг Мургалского горст-антиклинория ограничен Ничквеевским глубинным разломом, отделяющим его от Пенжинского прогиба. Он представлен несколькими кулисообразными крутопадающими разрывами северо-восточного направления в зоне шириной 400–500 м.

На карте Кавральянской МПЗ оконтурены ареалы распространения вулканических и комагматических плутогенных образований трёх вышеупомянутых ВПП, возраст которых определён по наблюдаемым пространственно-временными взаи-

Рис. 2. Геологическая карта Кавральянской металлогенической подзоны:

1 – современные рыхлые отложения; 2 – платобазальты (Q); 3–19 – формации ВПП, предпоясовых и синхронных прогибов: 3–4 – Окляно-Пенжинского (Р): 3 – габбро-диорит-тоналит-плагиогранитная (рудноносный ракетный комплекс): габбро, диориты, кварцевые диориты, тоналиты, диоритовые и кварцевые диоритовые порфиры, тоналит-порфиры, плагиогранит-порфиры, 4 – контрастная базальт-андезит-дацитовая: базальты, андезиты и их туфы, дациты, 5–14 – Охотско-Чукотского (K_1a – al – K_2): 5–7 – позднего этапа становления (пострудные): 5 – граносиенит-гранитная, 6 – дацит-риолитовая (игнимбритовая), 7 – андезибазальтовая, 8–14 – раннего этапа: 8 – габбро-диорит-гранодиорит-гранитная с монцитонитовидным уклоном (рудноносный кавральянский комплекс) с ранней габбро-диорит-кварц-диоритовой и поздней габбро-монцитонит-кварц-монцитонитовой группами пород, 9–11 – андезит-дацит-риодацитовая: 9 – дациты, риодациты, 10 – андезиты и андезибазальты, 11 – вулканомиктовые фации с прослоями туфов андезитов и андезибазальтов, 12 – синхронные молассовые толщи – конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, 13 – базальт-андезибазальтовая, 14 – терригенная мелководно-морская молассовая (предпоясовая и синхронная ВПП), 15–19 – Удско-Мургалского (K_1nc): 15–16 – габбро-диорит-тоналит-плагиогранитная (мургалский комплекс): 15 – габбро, 16 – диориты, гранодиориты, плагиограниты, 17 – андезит-базальт-андезитовая (туфы, агломераты, лавобрекчии, лавы), 18 – андезитовая вулканомиктовая с горизонтами лав и туфов, 19 – вулканогенно-терригенные формации (J_3 – K_1v) основания ВПП; 20 – разломы: а – глубинные: Анадырский (А), Убиенкинский (У), б – второстепенные; 21–24 – рудопроявления (крупный знак) и пункты минерализации (мелкий знак): 21 – медно-порфирового ГПТ: а – Си-порфировые: Ракетное Центральное (3), Ракетное Восточное (4), Ветка (6), б – Au-(Mo)-Си-порфировое Ольховское (5), 22 – золото-полисульфидные: Косогорненское (1), Горное (2), Серовское (7), 23 – золото-серебряные, 24 – неясной формационной принадлежности: медные (а), золотые (б), молибденовые (в); 25–26 – границы: 25 – Кавральянской металлогенической подзоны, 26 – потенциальных рудных районов: Ольховского (1), Серовского (2); 27 – лицензионные площади поисковых работ 2010–2012 гг. ФГУП «ЦНИГРИ» и ОАО «Георегион»: У – Убиенкинская, Ол – Ольховская, С – Серовская; 28 – потенциальные рудные поля: Горное (I), Ракетное (II), Роковое (III), Ольховское (IV), Правуюбиенкинское (V), Веткинское (VI), Пожарское (VII)

моотношениями и подтверждён U-Pb датированием цирконов интрузивных пород основных фаз рудоносных формаций [20]; показаны разрывные нарушения различных порядков, известные проявления Су-порфировых, Au-полисульфидных и Au-Ag руд. По установленным геологическим, металлогеническим, геофизическим и геохимическим данным, рассмотренным ниже, на территории Кавральянской подзоны были выявлены Ольховская и Серовская КМП РМС и оконтурены эквивалентные им ПРР.

Ольховский ПРР (~ 950 км²) выделен в северо-восточной части Кавральянской МПЗ в зоне сопряжения крупного (размер в плане 50 × 25 км) Убиенкинского магматогенного поднятия Мургалевского горст-антиклинория с Нижне-Еропольским вулканическим прогибом и охватывает два в различной степени поднятых тектонических блока, разделённых Анадырским глубинным разломом (см. рис. 2).

Юго-восточный тектонический блок, которому соответствует Ольховская перспективная площадь, включает Левокавральянский и Ольховский гранитоидные массивы монзонитоидной габбро-диорит-гранодиорит-гранитной формации (кавральянского комплекса) и комагматичные вулканогенные породы андезитовой (убиенкинская свита) и андезит-дацит-андезидацитовой (кавральянская свита) формаций позднемеловой ВПА раннего этапа становления Пенжинско-Анадырского звена Охотско-Чукотского пояса. По данным космодешифрирования, аэромагнитной и гравиметрической съёмок здесь выделена крупная (около 25 км в диаметре) Кавральянская вулканоплутоническая структура (ВПС), ограниченная кольцевыми разломами. С интрузивной составляющей ВПА ассоциируют проявления медно-порфировых руд, наиболее крупным из которых является Ольховское, сопряжённое с одноимённым многофазным плутоном, с вулканогенной – проявления Au-полисульфидных и Au-Ag жильных и прожилково-вкрапленных руд.

В этом же тектоническом блоке, на северо-восточном фланге Ольховского ПРР – на Убиенкинской перспективной площади – специалистами ФГУП ЦНИГРИ впервые выделена ВПА более позднего – палеоценового – Окляно-Пенжинского пояса, объединяющая вулканиты риолит-базальт-андезибазальтовой (энмываамской свиты) и плутониты габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной (ракетного комплекса) формаций, с которыми

сопряжены Ракетное Су-порфировое проявление и многочисленные пункты Au-Ag минерализации. В интрузивном массиве ракетного комплекса отмечаются многочисленные ксенолиты гранитоидов более раннего кавральянского.

Северо-западный тектонический блок включает прибортовую часть Нижне-Еропольского прогиба, примыкающего к Убиенкинскому поднятию. В его строении участвуют породы ВПА раннего этапа становления Охотско-Чукотского ВПП – вулканиты эмунеретской свиты дацит-андезидацит-риолитовой формации и прорывающие их гранитоиды кавральянского комплекса, слагающие Кавральянский и Тополевский массивы. В пропильтизированных, серицитизированных, окварцованных (вплоть до вторичных кварцитов) вулканогенных породах отмечаются многочисленные проявления жильной и прожилково-вкрапленной Au-полисульфидной минерализации, которые в комплексе с другими поисковыми признаками (вторичными геохимическими ореолами свинца, цинка, серебра) могут рассматриваться как признаки внешних частей КМП РМС. Наиболее значимыми среди них являются Горное и Косогорнинское (Косое) рудопроявления.

Таким образом, в Ольховском районе были выявлены две РМС: Ольховская с комплексной металлогенией и Ракетная, в строении которых участвуют магматические комплексы разновозрастных ВПП – Охотско-Чукотского и Окляно-Пенжинского. Обе представляют собой ВПС, во внутренних частях которых (интрузивных массивах Убиенкинского поднятия) локализованы Ольховское и Ракетное медно-порфировые проявления, а во внешних – в комагматичных вулканитах упомянутого прогиба – мезо- и эпитегрмальные проявления Au-полисульфидной (Горное и Косогорнинское) и Au-Ag-ной минерализации (в первой из названных систем).

По своим характеристикам Ольховский район может быть отнесён к группе наиболее распространённых КМП РМС, сформированных на сочленениях выступов фундамента поясов с вулканотектоническими прогибами. Отличительной чертой таких систем является латеральная магматическая и рудно-формационная зональность [10].

Серовский ПРР (~ 40 км²) охватывает два разделённых Анадырским глубинным разломом магматогенных поднятия в структуре Охотско-Чукотского ВПП – Серовское (размер в плане – 30 × 15 км) и Щучьих гор (40 × 10–15 км). Ядрами поднятий

являются крупные одноимённые (с поднятиями) массивы гранитоидов кавральянского комплекса монцитонитовой габбро-диорит-гранодиорит-гранитной формации. Вмещающие породы, выполняющие Нижне-Еропольский прогиб в северной и южных частях района, принадлежат позднемеловым базальт-андезит-базальтовой и андезит-дацит-андезидацитовым формациям раннего этапа становления андезитоидного Охотско-Чукотского пояса.

В центральной части района провис кровли подковообразного в плане Серовского массива гранитоидов кавральянского комплекса сложен вулканитами андезит-базальт-андезитовой формации готеривского возраста Удско-Мургальского ВПП. Здесь в экзоконтактной зоне вытянутого в северо-восточном направлении выступа-апофизы этого массива зафиксированы несколько пунктов Си и Ау-полисульфидной минерализации (см. рис. 2).

На северном фланге района в северо-западном экзоконтакте интрузива того же комплекса в андезитах и андезибазальтах Охотско-Чукотского пояса отмечены проявления Си, Ау и Мо. Закартированы также более поздние мелкие штокообразные тела ракетного комплекса палеоценовой габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной формации Оклано-Пенжинского пояса. С небольшим Веткинским штоком этого комплекса сопряжено медно-порфировое проявление Ветка.

В южной части района в эндо-экзоконтактных зонах Серовского массива в интенсивно пиритизированных кварц-серицитовых, существенно кварцевых, кварц-серицит-хлоритовых метасоматитах, сменяющихся на периферии пропилитами, установлены кварц-турмалиновые, кварцевые и кварц-карбонатные полисульфидные жилы. Наиболее крупным является Серовское Ау-полисульфидное проявление, локализованное в юго-западном эндоконтакте интрузива.

По геолого-структурной позиции, минеральному и вещественному составу руд и околорудных метасоматитов Ау-полисульфидные проявления Серовского ПРР могут принадлежать фланговой зоне КМП РМС той же группы, что и Ольховская, то есть сформированных на сочленениях выступов фундамента поясов с вулканотектоническими прогибами. Однако для решения этого вопроса необходимы дополнительные исследования.

Формационное расчленение породных комплексов трёх вышеназванных ВПП позднемезозойской континентальной окраины Юго-Западной Чу-

котки и их пространственно-временные связи с объектами разных рудно-формационных типов (РФТ) рассмотрены в статье И. Ф. Мигачёва и др. [20]. В ней сделан вывод о том, что главным фактором – *региональным критерием рудоносности*, определяющим перспективы Кавральянской МПЗ для поисков медно-порфировых и сопряжённых благороднометалльных руд, – является совмещение в пространстве потенциально продуктивных ВПА этих поясов и их плутоногенных составляющих – формаций: неокомовой габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитной (мургальский комплекс) Удско-Мургальского ВПП, позднемеловой габбро-диорит-гранодиорит-гранитной монцитонитовой (кавальянский комплекс) раннего этапа становления Охотско-Чукотского и палеоценовой габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной (ракетный комплекс) Оклано-Пенжинского. Все известные к настоящему времени рудные объекты рассматриваемой территории парагенетически связаны с двумя последними. С габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитной формацией Удско-Мургальского пояса ассоциируют медно-порфировые проявления Базовое и Моренное Танюерского РР в северо-восточном звене этого ВПП, Лора, Прямой, Викинг и Икрумунское Шхиперовского ПРР в Кони-Пьягинском сегменте.

Другим благоприятным фактором является *геоструктурная обстановка* – сочленение магматогенных поднятий Мургальского горст-антиклинория с локальными структурами (вулканическими депрессиями, кальдерами) Нижне-Еропольского вулканотектонического прогиба. Подобная обстановка характерна для большинства КМП РМС восточных регионов России, вмещающих обычно рядовые и мелкие медно-порфировые и сопряжённые мезо- и эпитептермальные Ау-полисульфидные и Ау-Аг объекты. Большинство крупных и сверхкрупных медно-порфировых месторождений Мира, к которым относятся Песчанка и Малмыжское в России, локализовано в РМС магматогенных поднятий фундамента ВПП с ограниченным развитием либо отсутствием комагматичных вулканитов.

О перспективности Кавральянской МПЗ свидетельствуют: обширные поля гидротермально-изменённых пород, приуроченные к эндо-экзоконтактным зонам многофазных интрузивов, штоков и даек их завершающих порфировых фаз; наличие наряду с единичными медно-порфировыми рудопроявлениями многочисленных пунктов минерализации и проявлений золота, серебра, поли-

металлов, которые могут принадлежать фланговым и верхним периферийным частям КМП РМС; присутствие масштабных, высоких по интенсивности, ВОР Cu, Mo, Pb, Zn, Ag, потоков рассеяния этих элементов и Au, а также шлиховых ореолов золота, шеелита, киновари.

Геофизическая основа районирования. Для создания *геофизической основы* металлогенического районирования была подготовлена электронная база исходных аэромагнитных и гравиметрических данных по листам Q-59-XV, XVI, XX, XXI, XXII, XXVI, XXVII. При построении сводных цифровых моделей и карт аномальных геофизических полей территории с осевым меридианом 171 °в.д. использованы матрица со значениями $(\Delta g)_b$ по сети $1,0 \times 1,0$ км (редукция Буге, плотность промежуточного слоя $2,67$ г/см³, уровень условный), подготовленная в 2001 г. для ГФО ГГК-1000/3 по листу Q-59,60 (Анадырь), и отчётные карты графиков (ΔT_a) масштаба $1 : 50\,000$, переведённые в цифровую форму [3].

Геолого-геофизическая интерпретация разработанных моделей и построенных карт магнитного и гравитационного полей в масштабе $1 : 200\,000$ включала: линеаментный анализ с целью трассирования линейных и радиально-кольцевых структурных элементов; расчёты локальных аномалий с составлением соответствующих карт; районирование территории по особенностям геофизических полей и их локальных составляющих; а в масштабе $1 : 500\,000$ – составление погоризонтных срезов магнитного и гравитационного полей, рассчитанных методом частотной (послойной) фильтрации в интервале глубин 2–5 км, а на их основе – серии разрезов, характеризующих эти поля.

Результатирующие геофизические материалы были использованы для выделения комплексов и блоков пород, относительно однородных по физическим параметрам. Сложность геологического строения анализируемой территории, где присутствуют СВК трёх разновозрастных ВПП и их фундамента, не позволяет однозначно отождествлять выделенные площади с близкими геофизическими характеристиками с ареалами развития конкретных геологических формаций. Однако в комплексе с данными геологического картирования они могут быть учтены при оконтуривании: полей распространения вулканогенных и интрузивных пород разного состава; отдельных плутонов, включая их не выходящие на дневную поверхность части; радиально-кольцевых структур; а также прослежи-

вания разрывных нарушений – региональных глубинных и сопряжённых с ними разломов низших порядков, что и было сделано специалистами ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика» [3] при составлении *структурно-тектонической схемы* Кавральянской МПЗ масштаба $1 : 200\,000$ (рис. 3).

На этой схеме, построенной по картам исходных и трансформированных геофизических полей, выделены основные тектонические структуры, а также отдельные фрагменты (блоки) изученной территории, сложенные породами основного, среднего и кислого составов, в том числе принадлежащими потенциально продуктивным на медно-порфиновые руды магматическим комплексам. Главные тектонические нарушения района северо-восточной ориентировки – зона Анадырского глубинного разлома, отделяющего Мургалское поднятие от Нижне-Еропольского прогиба, и Убиенкинский глубинный разлом в восточном ограничении Мургалского антиклинория – отражаются в гравитационном поле в виде линейных отрицательных аномалий, в магнитном – положительных. Зоны разломов с пирротинизацией вмещающих пород, а также области ороговикования трассируются протяжёнными зонами повышенных значений магнитного поля различной интенсивности и направления.

Кольцевые структуры – вулcano-тектонические депрессии (ВТД) и вулcano-плутонические системы (ВПС), ограниченные дуговыми и осложнёнными радиальными разломами, отражаются в поле силы тяжести дуговыми аномалиями. Локальные ВТД (кальдеры палеовулканов) – Тополевская, Косогорненская, Сайбинская, Авдеевская, Соболевская, Халанкинская – фиксируются кольцевыми локальными минимумами гравитационного поля и иногда дуговыми положительными аномалиями магнитного. В центре некоторых из них отмечаются положительные гравитационные аномалии, отражающие, вероятно, жерловые лавовые фации (некки), обладающие большей плотностью и мощностью в сравнении с дистальными, преимущественно туфовыми.

ВПС также фиксируются положительными гравитационными аномалиями в центральных частях, «занятых» полифазными гранитоидными массивами кавральянского комплекса Охотско-Чукотского ВПП, выходящими на дневную поверхность либо прогнозируемыми на глубине, и кольцевыми отрицательными в периферийных, где распространены комагматичные и более ранние вул-

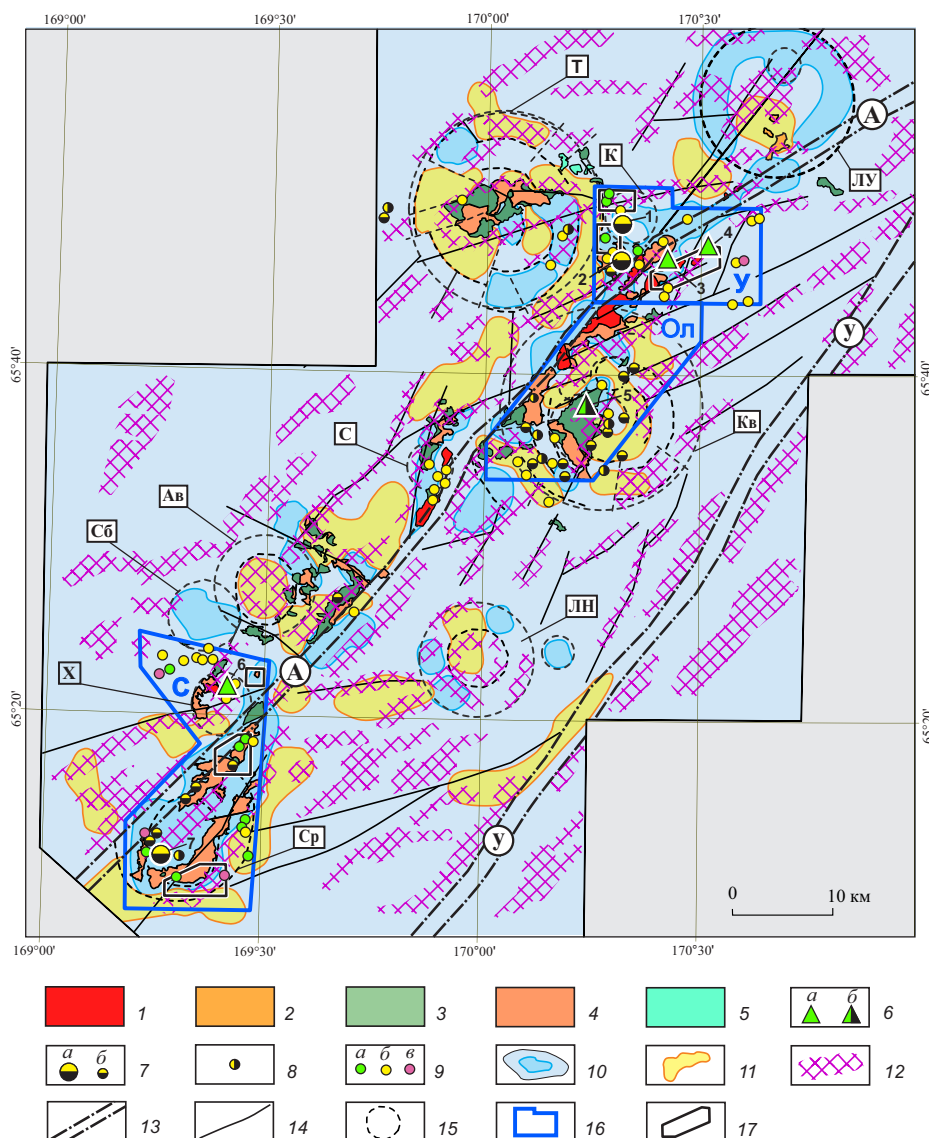


Рис. 3. Структурно-тектоническая схема Кавральянской металлогенической подзоны по данным интерпретации аэромагнитной масштаба 1 : 200 000 и гравиметрической масштаба 1 : 50 000 съёмки в пределах листов Q-59- XV, XVI, XX, XXI, XXII, XXVI, XXVII. По [3], с дополнениями по данным геологических карт и карт полезных ископаемых перечисленных листов:

1–5 – типы пород: 1 – граниты, 2 – граниты, кварцевые монцониты, 3 – кварцевые монцониты, диориты, 4 – кварцевые диориты, 5 – диориты; 6–9 – рудопроявления (крупный знак) и пункты минерализации (мелкий знак): 6 – а – медно-порфировые (Ракетное Центральное (3) и Ракетное Восточное (4), б – Au-(Mo)-Си-порфировое Ольховское (5), 7 – Au-полисульфидные Косогорненское (1), Горное (2) и Серовское (6), 8 – золото-серебряные, 9 – неясной формационной принадлежности: медные (а), золотые (б), молибденовые (в); 10–11 – области локальных аномалий гравитационного поля: 10 – отрицательных, 11 – положительных; 12 – оси линейных протяжённых зон повышенных значений магнитного поля различной интенсивности и направления (отражают зоны тектонических нарушений с пирротинизацией вмещающих пород, области ороговикования); 13–15 – тектонические нарушения, выделенные по комплексу геолого-геофизических данных: 13 – зоны глубинных разломов: Анадырского (А), Убиенкинского (У), 14 – разрывные нарушения низших порядков северо-восточного и восток-северо-восточного простирания, 15 – кольцевые и радиальные разломы ВТД (Т – Тополевская, К – Косогорненская, С – Сайбинская, Ав – Авдеевская, Сб – Соболевская, Х – Халанкинская) и ВПС (Кв – Кавральянская, ЛУ – Лево-Убиенкинская, ЛН – Лево-Ныгчевеевская, Ср – Серовская); 16 – лицензионные площади, перспективные на медно-порфировые руды: У – Убиенкинская, Ол – Ольховская, С – Серовская; 17 – участки детальных геофизических съёмки (магнито- и электро-разведки, гамма-спектрометрии масштаба 1 : 25 000–1 : 10 000)

квантиты. В магнитном поле плутоны отражаются слабо повышенными или пониженными значениями ΔT_a . Наиболее крупные Кавральянская и Лево-Убиенкинская ВПС имеют до 20–25 км в поперечнике, более мелкие – Центрально-Тополевская (в центре Тополевской ВТД) и Лево-Ныгчевеевская – до 12 км. Исключением является Серовская ВПС (~ 17 км в диаметре) с крупным провисом кровли одноимённого гранитоидного массива кавральянского комплекса, выполненного готеривскими вулканидами более древнего – позднеюрско-неокомового Удско-Мургалского ВПП. В поле силы тяжести эта структура отражается в виде крупной отрицательной аномалии.

На погоризонтных срезах гравитационного и магнитного полей в интервале глубин 2–5 км вышеназванные структурно-тектонические элементы территории фиксируются изменением характера и знака соответствующих составляющих ΔT_a и Δg_p с глубиной. Как ВТД, так и ВПС чётко проявляются в виде конформных отрицательных и положительных аномалий гравитационного и магнитного полей на срезах 2–3 км.

На структурно-тектоническую схему Кавральянской подзоны (см. рис. 3), составленную по результатам комплексного анализа геологических и геофизических материалов с применением линейного анализа физических полей и их сопоставлением с распространением СВК, различающихся по плотностным и магнитным характеристикам, вынесены основные элементы структурного облика территории работ, прямо или косвенно влиявшие на размещение Cu-порфировых и сопряжённых с ними (в объёме единых КМП РМС) Au-полисульфидных и Au-Ag проявлений. К таким элементам в первую очередь относятся ВТД и ВПС центрального типа, а также узлы пересечения тектонических нарушений разного порядка (ранга).

Среди прослеженных по геологическим и геофизическим данным дизъюнктивных нарушений к *первому порядку* отнесены мощные зоны Анадырского и Убиенкинского глубинных разломов, выраженные чередованием линейных положительных и отрицательных локальных аномалий гравитационного и магнитного полей. Ко второму – оперяющие их разломы, выделенные по наиболее крупным и протяжённым линейным элементам названных полей преимущественно восток-северо-восточного направления, а также цепочкам положительных высокочастотных локальных аномалий магнитного поля, возможно, связанных с проявлением

пирротиновой минерализации вдоль разломов. К *третьему* – разломы северо-западного простирания, фиксирующиеся градиентами и цепочками высокочастотных локальных аномалий магнитного поля и в меньшей степени выраженные в поле силы тяжести; по протяжённости они значительно короче разломов высших порядков.

Узлы пересечения дуговых и радиальных разломов кольцевых структур с тектоническими нарушениями восток-северо-восточного направления, оперяющими Анадырский глубинный разлом, могли представлять собой магмавыводящие каналы, контролировавшие положение порфировых интрузивов и сопряжённых с ними меднопорфировых штокверков, а также жил и прожилковых зон Au-полисульфидной и Au-Ag минерализации в комагматичных вулканидах на флангах и в верхних частях РМС. Обрушение вулканических построек с возникновением кальдер наряду с надвиговыми (взбросо-сдвиговыми) деформациями (с разрядкой тектонических напряжений в период орогенеза и постсубдукционного рифтогенеза) и эрозией (приводило к превышению гидростатического давления над литостатическим) рассматриваются рядом исследователей [31 и др.] в качестве возможных триггеров вскрытия гипабиссальных магматических очагов, которое сопровождалось декомпрессией с внедрением магматических масс и выбросом флюидной фазы в верхние слои земной коры. В благоприятных геодинамических, структурно-петрофизических и геохимических обстановках, описанных в работах [8, 9, 27, 28, 32], такие явления могли привести к образованию меднопорфировых месторождений, в том числе крупных. В их отсутствии возникали в лучшем случае мелкие объекты, а чаще – минерализованные ореолы без промышленно значимых концентраций металлов.

Следует заметить, что интерпретация установленных на изученной территории аномальных геофизических полей, особенно силы тяжести, неоднозначна. Они отражают наличие кольцевых структур, однако выделить среди них ВТД и ВПС без привлечения данных геологического картирования и дешифрирования аэро- и космоснимков практически невозможно. Вместе с тем созданная по региональным геолого-геофизическим материалам структурно-тектоническая схема отражает основные элементы строения структурно-формационной зоны, отвечающей Кавральянской МПЗ. В комплексе со структурно-формационной и геохи-

мической основой металлогенического районирования, а также результатами геологических наблюдений и наземных геофизических съёмок, она была использована для уточнения контуров ПРП и выделения в их пределах ПРП.

Геохимическая основа прогнозного районирования. Территория Кавральянской МПЗ характеризуется низкогорным, сильно расчленённым рельефом со склонами средней и малой крутизны, плоскими и слабонаклонёнными водоразделами. Обнажённость – слабая. До 95 % площади закрыто делювиальными, элювиально-делювиальными, делювиально-осыпными, обвальными-осыпными, осыпными, делювиально-солифлюкционными отложениями со сплошным либо островным травянистым, травянисто-кустарниковым и кустарниковым растительным покровом. Лишь на юге Серовской перспективной площади имеются каньонообразные долины рек и ручьёв с протяжёнными (до сотен метров) коренными обнажениями пород в бортах. Вместе с тем дальнепринесённые (делювиальные, ледниковые, аллювиальные и др.) отложения распространены ограничено, а субарктический климат препятствует химическому преобразованию опробуемого материала. Поэтому традиционная методика поисков по ВОР достаточно эффективна.

Для создания геохимической основы прогнозного районирования Кавральянской подзоны на медно-порфировое и сопряжённое благороднометалльное оруденение ОАО «Георегион» (г. Анадырь) в 2009–2011 гг. в рамках поисковых работ за счёт средств госбюджета была проведена опережающая литохимическая съёмка масштабов 1 : 50 000 (сеть 500 × 50 м) и 1 : 25 000 (сеть 250 × 50 м) на Убиенкинской, Ольховской и Серовской лицензионных площадях, а на участке Ольховского рудопроявления масштаба 1 : 10 000 (сеть 100 × 50 м). Всего было отобрано и проанализировано в лабораториях Бронницкой ГГЭ более 31 000 проб. Содержания Cu, Pb, Zn, Ag, Cr, Ni, Co, Mo, Sn, Mn, W, Bi, As, Li, Be, Ba, Ti, V и Sr определены полуколичественным спектральным анализом (ПКСА), Au – спектрозолотометрическим. По результатам создана электронная база данных, с применением корреляционного и факторного анализов проведена их статистическая обработка.

В соответствии с Инструкцией по геохимическим методам поисков рудных месторождений [7] определены местные фоновые и минимальные аномальные содержания элементов. Построены карты

моноэлементных (Cu, Mo, Pb, Zn, Ag и др.) и аддитивных (Cu + Mo, Pb + Zn + Ag) аномалий во вторичных ореолах рассеяния. Анализ этих карт показал, что наиболее ярко выражены литохимические аномалии главных компонентов медно-порфировых (Cu, Mo) и сопряжённых полисульфидных (Pb, Zn, Ag) руд. Их площади составили от первых км² до 75 км². Для иллюстрации на рис. 4–6 приведены карты с комплексными (аддитивными) аномальными геохимическими полями (АГХП). В сочетании со структурно-формационными, геофизическими, метасоматическими, рудно-минералогическими признаками они были использованы при выделении и оконтуривании ПРП.

Сопоставление геохимических карт с геологической показало следующее. В юго-восточной части Убиенкинской площади в гидротермально изменённых вулканитах энмываамской свиты риолит-базальт-андезитобазальтовой формации Оклано-Пенжинского ВПП выявлена обширная контрастная аномалия содержания Cu (150–1000 ppm и выше) во ВОР. Она охватывает вскрытые эрозией выступы-апофизы находящегося на глубине Ракетного интрузивного массива, сложенного дифференциатами комагматичной габбро-диорит-тоналит-плагиигранитной формации. С небольшими по размерам штоками диоритовых и кварцевых диоритовых порфиритов второй фазы этого массива сопряжена медно-порфировая минерализация Ракетного рудопроявления.

В северо-западной части площади сопоставимая по интенсивности, но с меньшей площадью аномалия Cu установлена в андезитах эмунеретской свиты андезит-дацит-риолитовой формации в северном экзоконтакте Кавральянского плутона одноимённого комплекса монзонитоидной габбро-диорит-гранодиорит-гранитной формации Охотско-Чукотского пояса. Здесь известны рудопроявление Горное – кварцевые жилы и брекчии с Au-полисульфидной минерализацией и многочисленные пункты Cu, Au и Ag оруденения.

Севернее – в изменённых вулканитах той же свиты, выполняющих Косогорненскую ВТД, выявлена аномалия Cu меньших размеров и интенсивности. Оруденение представлено одноимённым Au-полисульфидным проявлением и пунктами прожилково-вкрапленной и жильной Cu и Au-Ag минерализации.

На названных участках недр, оконтуренных в качестве ПРП – Ракетного и Горного, отмечаются контрастные (интенсивностью 5–25 ppm и выше)

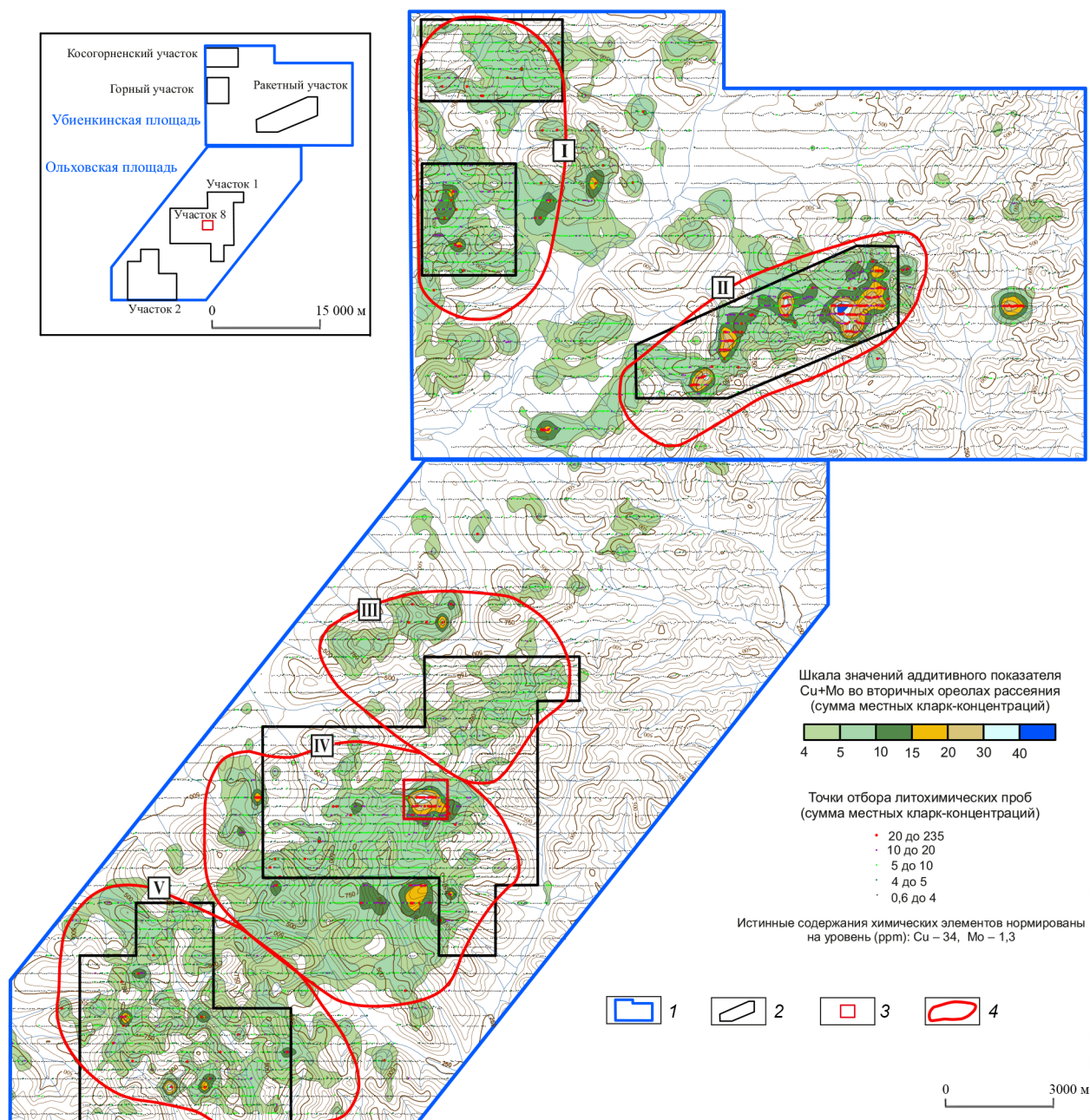


Рис. 4. Аддитивные аномалии содержаний Cu и Mo во вторичных ореолах рассеяния на Убиенкинской и Ольховской перспективных площадях. По [2], с изменениями:

1 – границы лицензионных площадей; 2–3 – участки проведения литохимической съёмки масштаба: 2 – 1 : 25 000, 3 – 1 : 10 000, остальные части площадей покрыты литохимической съёмкой масштаба 1 : 50 000; 4 – контуры выделенных ПРП: Горного (I), Ракетного (II), Рокового (III), Ольховского (IV), Правуюбиенкинского (V), Веткинського (VI), Пожарского (VII)

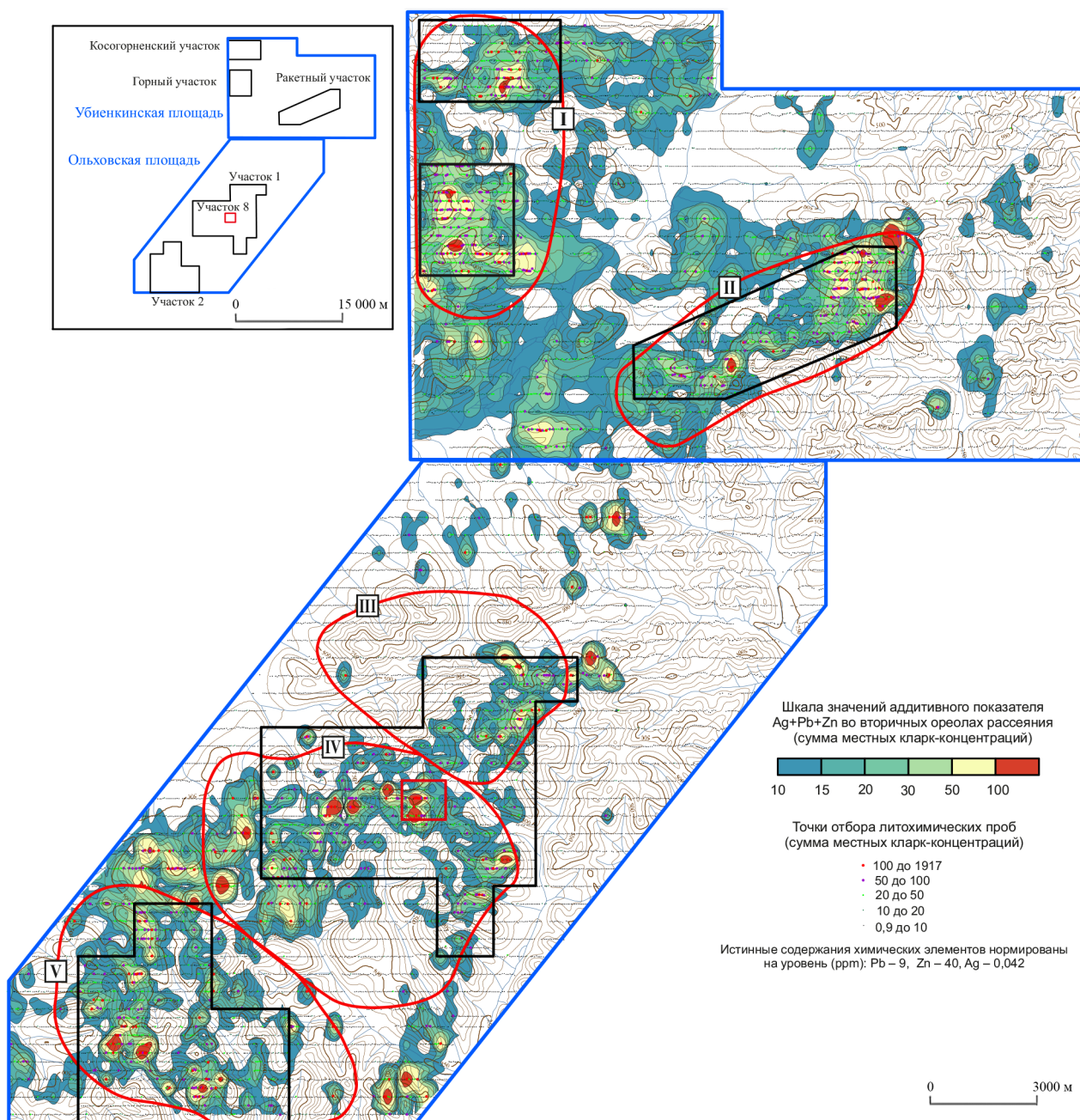


Рис. 5. Аддитивные аномалии содержаний Pb, Zn и Ag во вторичных ореолах рассеяния на Убиенкинской и Ольховской перспективных площадях. По [2], с изменениями:

см. услов. обозн. к рис. 4

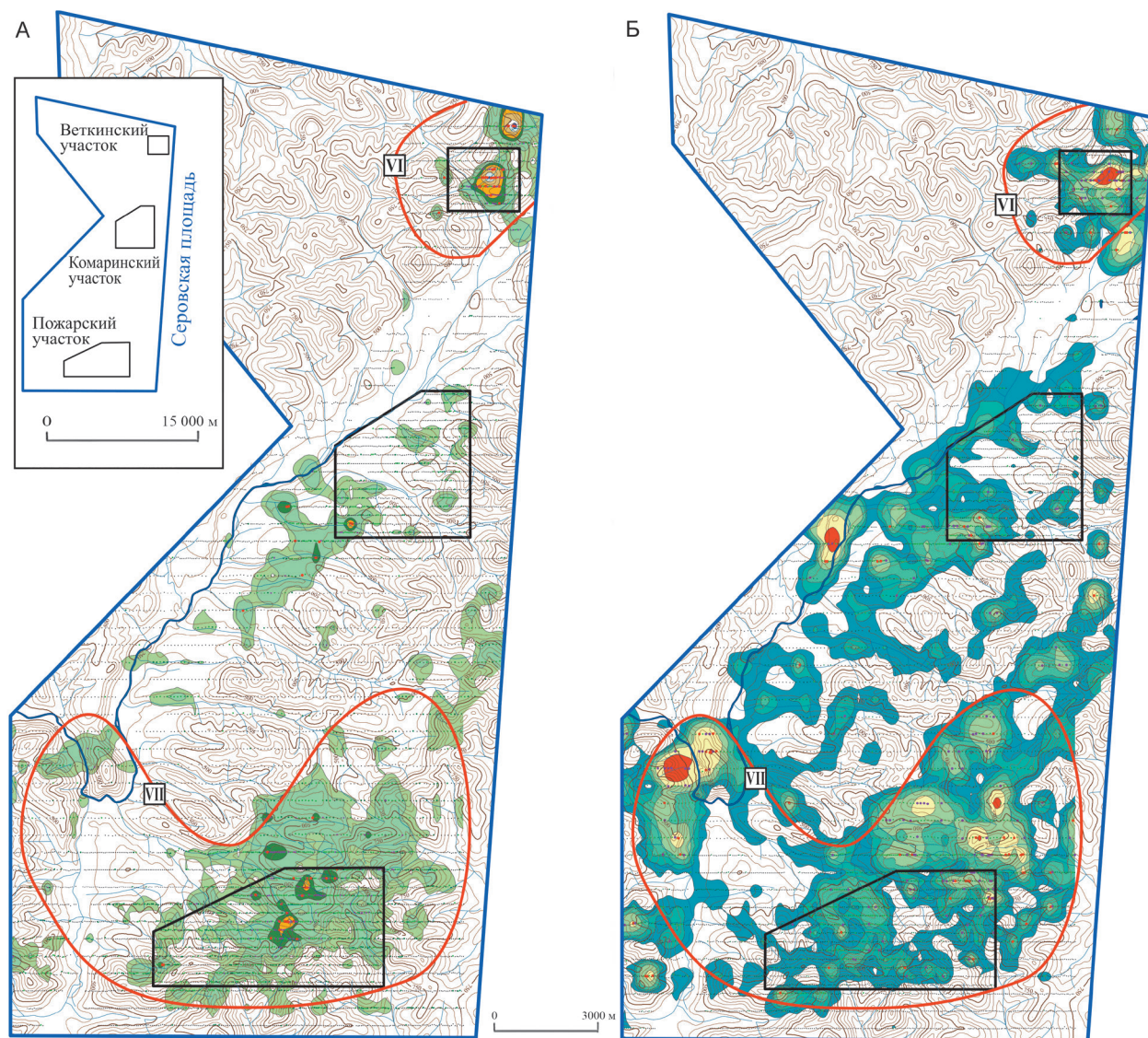


Рис. 6. Аддитивные аномалии содержаний Cu, Mo (А) и Pb, Zn, Ag (Б) во вторичных ореолах рассеяния на Серовской перспективной площади. По [2], с изменениями: см. услов. обозн. к рисункам 4 и 5

аномалии Mo, в значительной степени совмещённые с медными. Аномалии Cu и Mo обрамлены по периферии интенсивными комплексными аномалиями Pb, Zn и Ag. Особенно ярко это проявлено на Ракетном поле (см. рисунки 4 и 5), геохимическая зональность которого соответствует классической зональности МПС.

На Ольховской площади сопоставимая по интенсивности и размерам аномалия Cu во ВОР установлена в вулканогенных породах андезитовой

(убиенкинской свита) и андезит-дацит-андезидацитов (кавралянская свита) формаций – в экзоконтактовых зонах Левокавралянского и Ольховского гранитоидных массивов кавралянского комплекса упомянутого ВПП. Они сопровождаются повышенными содержаниями Mo, а на периферии – Pb, Zn и Ag. Здесь оконтурено Ольховское ПРП, в пределах которого находятся одноимённое Mo-Cu-порфировое проявление и многочисленные пункты Au-полисульфидной и Au-Ag

минерализации. Подобная картина наблюдается и в южной части площади – Правоубиенкинском ПРП, однако интенсивность ВОР Cu существенно ниже. В северном сегменте Ольховской площади, где выделено Роковое (Резное) ПРП, небольшие слабые аномалии Cu вообще не сопровождаются повышенными концентрациями Mo, Pb, Zn, Ag.

На Серовской площади также установлены ВОР Cu, Mo, Pb, Zn, Ag (см. рис. 6). В её южной части обширная, но низкая по интенсивности (85–250 ppm) аномалия Cu охватывает экзоконтактовую область одноимённого полиформационного гранитоидного массива, а аномалия Mo, меньшая по размерам, но контрастная (5–25 ppm), в основном его эндоконтактовую зону. С ними практически совмещена высококонтрастная (10–100 ppm и выше) комплексная аномалия полиметаллов. Здесь выявлены многочисленные проявления Au-полисульфидных руд, наиболее крупное из которых Серовское, а также пункты Cu, Mo, Au, Au-Ag минерализации, что в комплексе с другими прогнозно-поисковыми признаками позволило оконтурить Пожарское ПРП.

Подобные по размерам и интенсивности аномалии Pb, Zn, Ag установлены западнее и в центральном сегменте Серовской площади, который представляет собой провис кровли подковообразного в плане Серовского интрузивного массива, сложенного преимущественно готеривскими вулканитами андезит-базальт-андезитовой формации Удско-Мургальского ВПП (см. рис. 2). Значимые аномалии Cu и Mo на этих участках, однако, не были обнаружены.

На северо-восточном фланге, где были известны медно-порфировое проявление Ветка и несколько пунктов медной и золотой минерализации, выявлена небольшая, но контрастная высокоинтенсивная комплексная геохимическая аномалия с концентрической зональностью, характерной для медно-порфировых систем (МПС). В её центре небольшой шток диоритовых порфиритов предположительно палеоценового возраста (габбро-диорит-тоналит-плагιοгранитной формации Окрано-Пенжинского ВПП); на севере и востоке аномалия не оконтурена из-за проходящей здесь границы лицензионной площади. Не исключено, что эта аномалия является частью крупномасштабного ВОР, изучение которого было бы целесообразным. Здесь было оконтурено Веткинское ПРП, хотя обоснованность его выделения требует дополнительных исследований.

В итоге были оконтурены 8 АГХП: Косогоринское, Горное, Ракетное, Роковое (Резное), Ольховское, Правоубиенкинское, Веткинское и Пожарское, а с учётом других прогнозно-поисковых признаков – эквивалентные им ПРП. Сопоставление выявленных ВОР и их интерпретация на геологической основе показали, что Убиенкинская и Ольховская площади в целом выделяются более высокими значениями аномальных содержаний меди в сравнении с Серовской. Наиболее значительные по размерам и интенсивные вторичные АГХП установлены в юго-восточной части первой из них, где оконтурено *Ракетное ПРП*, и в центральном сегменте второй с *Ольховским ПРП*.

Корреляционным и факторным анализами данных литохимического опробования Убиенкинской, Ольховской и Серовской площадей Е. П. Сосниным [15] во ВОР выделены группы элементов со значимыми коэффициентами корреляции, определены отношения содержаний химических элементов, оценена их дисперсия, что дало возможность предположить природу АГХП, расшифровать их внутреннее строение.

В комплексе с геологическими данными результаты геохимических поисков по ВОР позволили сделать выводы о том, что Ольховское, Ракетное и Веткинское АГХП отражают внутренние части РМС, вмещающие медно-порфировые руды, а Роковое, Правоубиенкинское, Горное и Косогоринское – фланговые и верхние периферийные с мезо- и эпитермальную Au-полисульфидную и Au-Ag минерализацией. Пожарское АГХП, наложенное на мощные ореолы ороговикования и пиритизации в экзоконтактах Серовского плутона, по своим характеристикам не соответствует типовой геохимической зональности медно-порфировых объектов и, скорее всего, имеет полиформационную природу. Первичными источниками для него могли быть Au-полисульфидные проявления (Серовское и др.), образовавшиеся при становлении гранитоидного массива кавральянского монцониоидного комплекса и более поздние медно-порфировые, сопряжённые с мелкими штоками ракетного тоналитового комплекса.

В. Е. Васюковым с соавторами [5] на основе созданных *критериальных геохимических моделей* изученных площадей оценена перспективность ПРП. В МПС, эквивалентных этим полям, выделены рудоносные внутренние части, отвечающие потенциальным месторождениям, определена глубина их эрозионного среза. Отмечено, что повы-

шенные содержания многих элементов – Cu, Mo, Ag, Pb, Zn, Mn, W, Bi (в основном халькофильных) – отмечаются преимущественно в центральных частях систем, в то время как лито- и сидерофильных (Cr, Ni, Co, Sn, Li, Be, Ba, Sr) – по их периферии. Наиболее отчётливо такая зональность характерна для Ракетной и Ольховской МПС. Площадное распределение концентраций Sn, As, V, Ti и ряда других элементов более сложное.

Ракетная МПС, судя по имеющимся геологическим и геохимическим материалам, обладает неравноценным эрозионным срезом в центральной, западной и восточной частях. Наиболее вскрыт эрозией её восточный фланг, где выявлены крупные и интенсивные ВОР Cu и Mo, сопряжённые с выходами на дневную поверхность штоков диоритовых и кварцевых диоритовых порфириров ракетного комплекса. По латерали они сменяются ореолами Pb, Zn, Ag – во вмещающих коагматических вулканитах энмываамской свиты.

Ольховская МПС, занимающая внутреннюю часть одноимённой крупной КМП РМС, более эродирована в восточной части, где в экзоконтактной зоне северного фланга одноимённого интрузивного массива кавральянского комплекса выявлены две крупные высококонтрастные аномалии Cu и Mo, и менее – в западной, характеризующейся обширными ореолами Pb, Zn, Ag в коагматических вулканогенных породах кавральянской свиты.

Горное ПРП, представляющее периферийную северную часть то же КМП РМС с Au-полисульфидными и Au-Ag проявлениями, характеризуется надрудным эрозионным срезом в северной части и верхнерудным в южной. Веткинское и Пожарское ПРП на юге Серовского ПРП в целом также умеренно эродированы.

По размерам выявленных аномалий и значениям содержаний меди и попутных компонентов во ВОР «лидируют» Ракетное, Ольховское и Горное ПРП, которые с учётом других поисковых признаков были выбраны для постановки заверочных горно-бурильных работ [19].

Созданные региональные основы прогнозирования, учитывающие главные факторы рудоносности – магматический и структурный и их отражение в установленных закономерностях размещения проявления рудной минерализации, а также в геофизических и геохимических полях, – позволили выявить на изученной территории медно-порфирировые РМС с комплексной металлогенией – Ольховскую и Серовскую, которым эквивалентны

ПРП, а также более поздние и меньшие по размерам Ракетную и Веткинскую МПС. В их строении участвуют СВК трёх разновозрастных ВПП. Потенциально продуктивными в отношении Cu-порфирировых, Au-полисульфидных и Au-Ag руд в пределах Кавральянской МПЗ являются ВПА двух поясов – мелового Охотско-Чукотского и палеоценового Оклано-Пенжинского. Выявленные опережающей литохимической съёмкой АГХП в комплексе с данными геологического картирования масштабов 1 : 200 000 и 1 : 50 000 дали возможность оконтурить в первом приближении ПРП. Их границы были уточнены в ходе проведения геолого-поисковых маршрутов масштаба 1 : 25 000, 1 : 10 000–1 : 5 000, геохимических поисков по ВОР масштаба 1 : 25 000 и 1 : 10 000, магнито- и электроразведки, гамма-спектрометрии масштаба 1 : 25 000–1 : 10 000. По их результатам, с учётом элементов созданных прогнозно-поисковых моделей ПРП, соответствующих прямым и косвенным поисковым признакам прогнозируемых рудных объектов, были выделены участки детализации (ПУ) с ранжированием по перспективности и очередности постановки заверочных горно-бурильных работ.

Прогнозно-поисковые модели потенциальных рудных полей. Рудопроявления Кавральянской МПЗ парагенетически связаны с ВПА разновозрастных ВПП, то есть производными магматических серий, различающихся петрологией и металлогенией. Поэтому были разработаны три прогнозно-поисковые модели ПРП. *Первая* – для центральной (внутренней) части Ольховской КМП РМС, вмещающей медно-порфирировую минерализацию, *вторая* – для её периферии с Au-полисульфидными и Au-Ag проявлениями. Формирование этой системы связано со становлением рудоносной позднемеловой монзонитоидной габбро-диорит-гранодиорит-гранитной формации Охотско-Чукотского пояса, принадлежащей Na-K известково-щелочной серии. *Третья* модель построена для Ракетной МПС, возникшей при становлении продуктивной на медно-порфирировые руды палеоценовой габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной формации наложенного Оклано-Пенжинского пояса, которая может быть отнесена к известково-щелочной серии Na профиля.

В моделях учтены поисковые признаки, выявленные при изучении рудопроявлений: медно-порфирировых – Ольховского и Ракетного, жильных Au-полисульфидных – Горного и Косогорнинского;

использованы данные всех когда-либо проводившихся на этих объектах геолого-съёмочных и поисковых работ – предшествующих [4, 11, 21] и 2009–2012 гг. [2, 15, 19]. Созданные модели дополнены поисковой информацией по ПРП Серовского ПРР: Веткинскому с медно-порфировым проявлением Ветка и Пожарскому с Серовским Au-полисульфидным.

Подробные описания всех перечисленных рудопоявлений и рудных полей, в пределах которых они находятся, приведены в упомянутых отчётах и статьях, поэтому в представляемой статье даны материалы по наиболее перспективным Ольховскому, Горному и Ракетному ПРП с акцентом на различия в геологическом строении, рудно-метасоматической зональности и составе руд.

Ольховское ПРП (~ 50 км²) выделено в относительно поднятом Убиенкинском тектоническом блоке на северном фланге Ольховского многофазного плутона кавральянского комплекса поздне-меловой монцонитоидной габбро-диорит-гранодиорит-гранитной формации, перекрытого лавовыми и вулканическими фациями комагматичной андезит-андезидацит-дацитовый формации. МПС, эквивалентная этому полю, занимает площадь Кавральянской кольцевой вулкано-плутонической структуры и сложена породами ВПА раннего этапа становления Охотско-Чукотского ВПП и, возможно, предшествующего Удско-Мургалевского. Эта система может рассматриваться как центральная часть более крупной КМП РМС, соответствующей Ольховскому ПРР, на флангах которой проявлена мезотермальная Au-полисульфидная и эпитептермальная Au-Ag минерализация (Горное и Правоубиенкинское ПРП).

В 1976–1980 гг. на площади рудного поля А. С. Бочкаревым и др. [4] в рамках выполнения ГДП-50 было пройдено несколько канав. В результате была вскрыта зона медно-порфировой минерализации с невысокими содержаниями Cu и попутных компонентов. По состоянию на 01.01.2009 г. утверждённые прогнозные ресурсы категории Р₃ Ольховской перспективной площади составляли 3 млн т Cu с содержанием 0,5 %. В период поисковых работ 2009–2012 гг. в её пределах пройдены 11 канав (всего 2592 пог. м) и 6 вертикальных колонковых скважин глубиной по 300 м (1801 м).

По петрологии и химическому составу породы, участвующие в строении Ольховской МПС, разделены А. В. Андреевым с соавторами [1, 2] на две группы: *раннюю натровую и позднюю суще-*

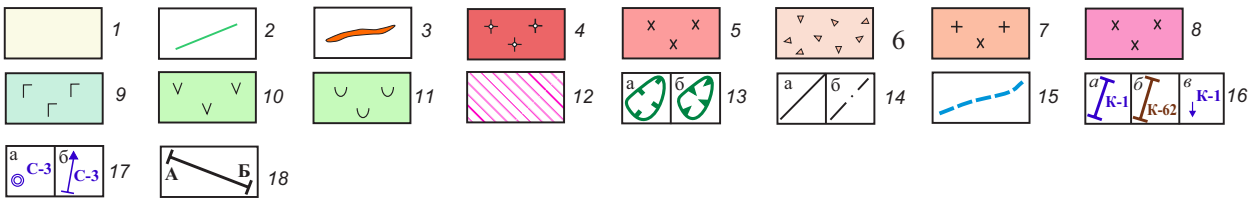
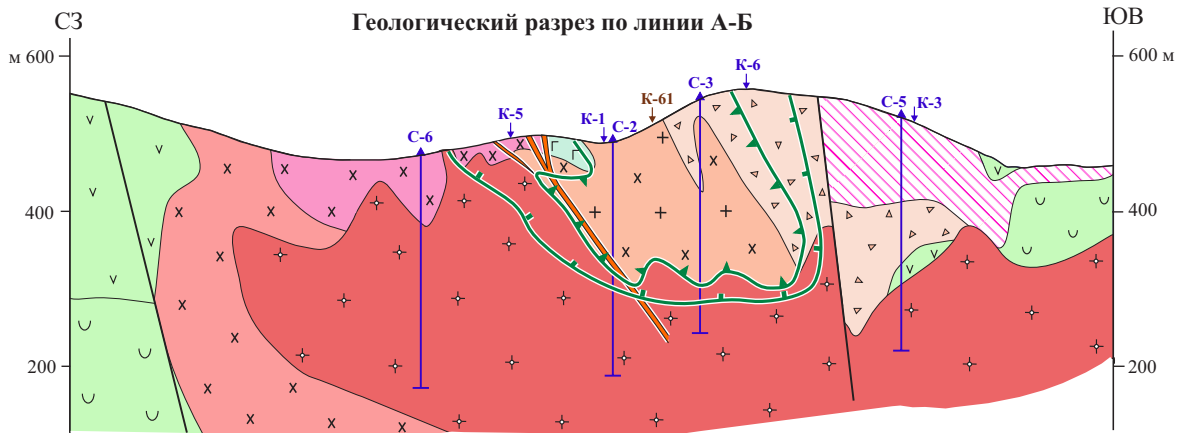
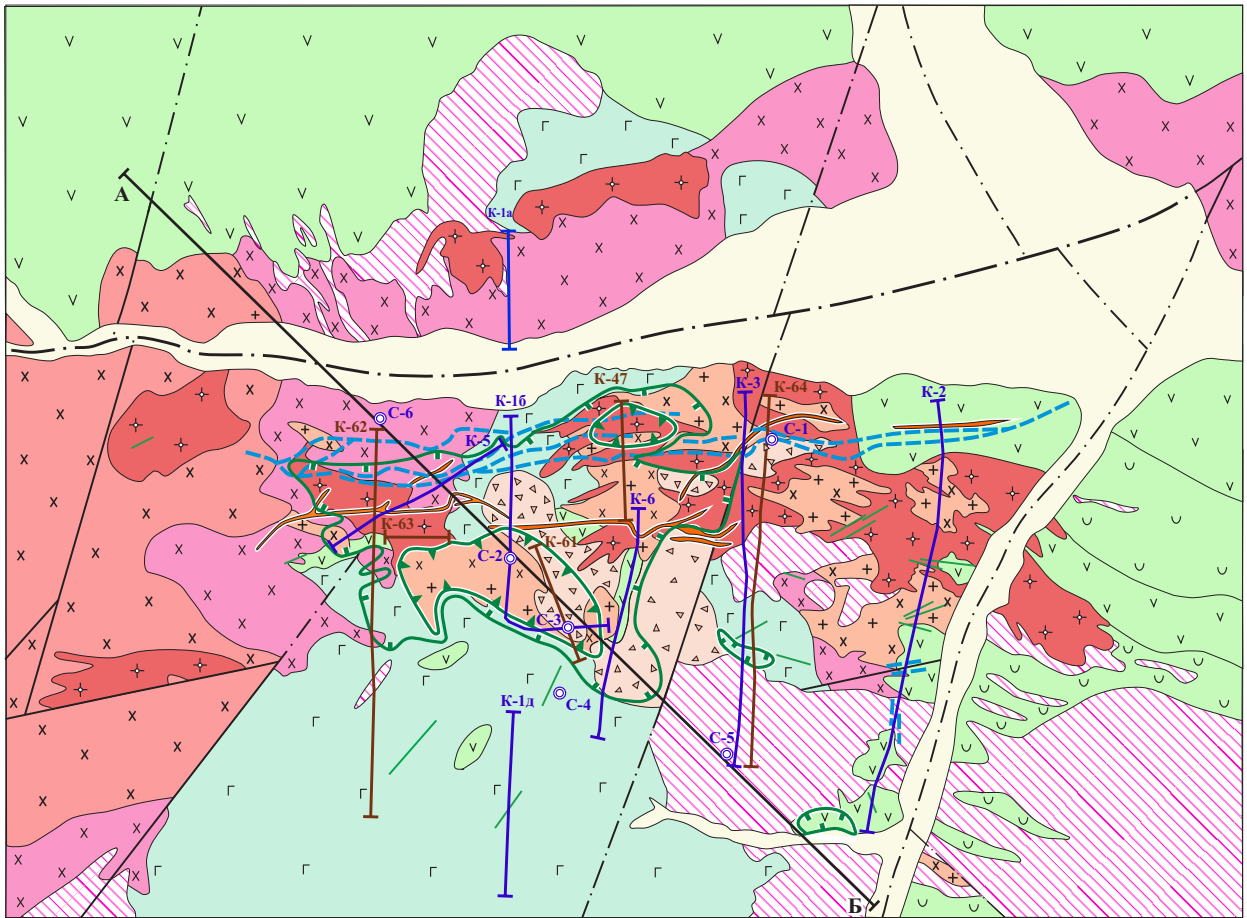
ственно калиевую. К первой отнесены габбро, габбродиориты, диориты, порфировидные кварцевые диориты, кварцевые диорит-порфириты. Ко второй – монцогаббро, монцодиориты, кварцевые монцодиориты, гранодиориты, гранодиорит-порфиры, кварцевые монцонит-порфиры. Рудоносной является порфировая фаза второй группы.

Рудоносный интрузив кварцевых монцонит-порфиров – гранодиорит-порфиров слабо эродирован, в разрезе имеет грибообразную форму, в апикальной части осложнён жёлобообразными провисами кровли, в которых интенсивно изменённых порфировидных кварцевых диоритах (ранней группы) – сосредоточен основной объём медно-порфировых руд с содержанием Cu $\geq 0,3$ %. Эта зона оруденелых пород во внутренней (ядерной) части МПС – участке Ольховка – прослежена шестью канавами на поверхности и четырьмя скважинами до глубины 200–240 м. Её мощность по трём скважинам составила от 140 до 200 м. По трём другим скважинам установлены лишь маломощные рудные интервалы с содержаниями Cu, близкими к оценочным параметрам (рис. 7).

В плане минерализованная зона, оконтуренная по бортовому содержанию Cu – 0,1 %, имеет изометричную форму и размеры 300–450 × 600 м. Кроме кварцевых диоритов она охватывает габбро и диориты более ранних фанеритовых фаз, брекчиевые тела пёстрого состава – с обломками пород ранней группы (габбро-диоритов, диоритов и комагматичных вулканитов) и биотитовым, хлоритовым, кварц-турмалиновым, альбит-кварцевым, кварц-серицитовым цементом, а также ксенолит-вмещающих андезитов. Судя по наблюдавшимся в канавах и скважинах взаимоотношениям, брекчии завершают раннюю группу кавральянского интрузивного комплекса и предшествуют дифференциатам поздней. В эндоконтактной зоне самого порфирового штока отмечены умеренные по интенсивности серицит-кварцевые изменения и убогие руды со средним содержанием меди 0,15 %.

На флангах интрузивного массива закартированы довольно обширные поля безрудных вторичных кварцитов, развитых по андезитам и их туфам кавральянской свиты, туфогенно-осадочным отложениям убиенкинской свиты и интрузивным породам ранней группы.

Рудная минерализация представлена кварцевыми и кварц-кальцитовыми прожилками с магнетитом, пиритом, халькопиритом, реже арсенопиритом, гематитом, пирротинном, халькозином,



блёклыми рудами, галенитом, молибденитом, самородным золотом, а также вкрапленностью и гнездами сульфидов в хлоритизированных темноцветных минералах кварцевых диоритов. В зоне окисления присутствуют марказит, гидроксиды Fe, ковеллин, малахит, азурит. Содержания металлов невысокие: Cu – 0,1–0,7 %, редко до 1,0 % и выше, Au – от 0,1 до 0,49 г/т, Ag – от 1,0 до 5,0 г/т; Mo присутствует в крайне низких концентрациях. В рудах установлена корреляция содержаний Cu, Au и Ag.

Рудно-метасоматическая зональность Ольховской МПС детально изучена А. В. Андреевым и О. В. Авиловой [1, 2].

Вертикальная зональность системы выражена в смене зон (снизу вверх): *филлизитовая* ((карбонат-хлорит)-серицит-кварцевая) с убогими молибденит-халькопирит-пиритовыми рудами (Cu 0,1–0,2, редко 0,3–0,7 %) в эндоконтактной области рудоносного порфирового интрузива → *внутренняя пропилитовая* (кальцит-кварц-серицит-эпидот-альбит-хлоритовая) с (молибденит-магнетит)-пирит-халькопиритовыми (Cu 0,3–0,5 % и выше) в кварцевых диоритах его экзоконтактной зоны → *внешняя пропилитовая*, охватывающая брекчиевые тела и фанеритовые гранитоиды ранней группы кавральянского комплекса. В последней из зон выделены *биотитовая* (кварц-хлорит-альбит-серицит-биотитовая) подзона с халькопирит-магнетитовыми рудами (Cu 0,03–0,8 % и выше) и *актинолит-биотитовая* (серицит-хлорит-кварц-биотит-актинолит-альбитовая) с (халькопирит)-магнетитовыми (Cu 0,02–0,06 %, редко до 0,1–0,15 %).

Латеральная зональность (от центра к периферии системы) выглядит следующим образом: *центральная зона* слабых биотитовых изменений (сохранилась в виде реликтов) с наложенными метасоматитами более поздних пропилитовой и филлизитовой зон со сравнительно богатыми (магнетит)-(молибденит)-пирит-халькопиритовыми рудами (Cu 0,2–0,4 до 1,0 % и выше) → *внутренняя промежуточная зона* с совмещением биотитовых, кварц-серицитовых и поздних низкотемпературных пропилитовых (хлорит-эпидот-карбонат-пирит) изменений с магнетит-халькопиритовыми рудами (Cu 0,1–0,2 % с редкими интервалами 0,2–0,5 %) → *внешняя промежуточная зона* пропилитизации: ранней интенсивной (биотитовые, биотит-амфиболовые, амфиболовые разности) и слабой поздней низкотемпературной с рассеянной магнетитовой и (халькопирит)-пиритовой минерализацией (Cu не более 0,1–0,2 %) → *фланговая зона* поздних пропилитовых изменений с минерализацией того же состава (Cu менее 0,1 %).

В целом рудно-метасоматическая зональность Ольховской МПС соответствует «монзонитовой» модели, предложенной Дж. Лоуэллом и Дж. Джилбертом [30]. Отличием является отсутствие калишпатизации. Не исключено, что калишпатсодержащие метасоматиты, являющиеся продуктами раннего высокотемпературного К-кремниевое преобразования пород, были полностью уничтожены наложенным кислотным выщелачиванием, приведшим к образованию филлизитовой зоны. На возможность такого варианта указывает упоминаемая исследователями исключительная интенсивность

Рис. 7. Схематическая геологическая карта масштаба 1 : 10 000 (уменьшено) и разрез (А-Б) центральной части Ольховского ПРП (участок одноимённого рудопоявления). По [1], с изменениями:

1 – четвертичные рыхлые отложения; 2 – дайки долеритов; 3–13 – ВПА раннего этапа формирования Охотско-Чукотского ВПП: 3–9 – дифференциаты монзонитоидной габбро-диорит-гранодиорит-гранитной формации (кавральянский комплекс): 3–5 – поздней группы: 3 – дайки гранит-порфиров, 4 – гранодиорит-порфиры, кварцевые монзонит-порфиры (рудоносная фаза), 5 – гранодиориты, кварцевые монцодиориты и монцодиориты мелко-среднезернистые, порфировидные, 6–9 – ранней группы: 6 – брекчиевые тела пёстрого состава (с обломками габбро-диоритов, диоритов и андезитов) с биотитовым, хлоритовым, кварц-турмалиновым, альбит-кварцевым, кварц-серицитовым цементом, 7 – кварцевые диоритовые порфириты, кварцевые диориты порфировидные, 8 – диориты мелко-среднезернистые «пятнистые», порфировидные, 9 – габбро, габбро-диориты мелко-среднезернистые, часто порфировидные, 10–11 – андезит-андезидацит-дацитовая формация (кавральянская свита): 10 – андезиты и их туфы, 11 – полимиктовые туфогравеллиты и туфоконгломераты; 12 – вторичные кварциты; 13 – контуры рудной зоны по бортовому содержанию Cu: 0,1 % (а) и 0,3 % (б); 14 – разломы: установленные (а), предполагаемые (б); 15 – зоны милонитизации; 16 – канавы поисковых работ: 2009–2012 гг. (а) и 1976–1980 гг. (б) на карте и на разрезе (в); 17 – скважины на карте (а) и разрезе (б); 18 – линия геологического разреза

серицитизации и окварцевания пород (вплоть до так называемых «вторичных кварцитов») в объёме этой зоны.

По результатам произведённых в 2009–2012 гг. поисковых работ, включавших проходку и скважин, локализованы и оценены прогнозные ресурсы категории P_2 Ольховского рудного поля. Они были апробированы ЦНИГРИ и составили: Cu – 500 тыс. т (при ср. сод. 0,5 %), Au – 15 т (0,15 г/т), Ag – 125 т (1,2 г/т).

Завершая краткое описание Ольховской МПС, необходимо отметить, что ряд вопросов по её геологическому строению и генезису остался нерешённым. В частности, судя по описанию петрографического и химического состава пород, сопровождаемого диаграммами ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) vs. SiO_2 ; K_2O vs. SiO_2 ; Na_2O vs. SiO_2 ; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$ и др. [2], выделенная в габбро-диорит-гранодиорит-гранитной (с монцитонитовым уклоном) формации (кавраляньском комплексе) первая (ранняя) группа дифференциатов принадлежит К-Na-ой известково-щелочной серии, а вторая – Na-K-вой. Возрастные взаимоотношения пород этих групп ни в маршрутах (из-за отсутствия коренных обнажений), ни в канавах и керне скважин (полностью затушёваны наложенными метасоматическими изменениями) не наблюдались. Изотопные датировки (U-Pb методом по циркону) диоритов ранней группы и гранодиорит-порфиоров поздней показали позднемеловой возраст (по 79 млн лет) [20], однако были выполнены по образцам, отобранным из канавы и скважины в поле интенсивно изменённых пород непосредственно на участке Ольховского рудопроявления, что затрудняло диагностику их первичного состава.

С точки зрения авторов настоящей статьи, объединение пород упомянутых групп в единую формацию недостаточно обосновано. Не исключено, что породы ранней группы, преимущественно диоритового состава, принадлежат мургальскому комплексу неокомовой габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитной формации Удско-Мургальского ВПП, СВК которого вскрыты эрозией к востоку и юго-западу от рассматриваемой площади. В таком случае порфиридные кварцевые диориты названного комплекса, вмещающие основной объём медно-порфиридных руд, являются крупным ксенолитом в кровле штока гранодиорит-порфиоров – кварцевых монцитонит-порфиоров кавраляньского комплекса позднемеловой (сеноман) монцитонитовидной формации Охотско-Чукотского пояса.

Предположение – дискуссионное, для решения вопроса необходимы дополнительные исследования.

Поисковые критерии и признаки Ольховского медно-порфиридного ПРП, выделенного во внутренней части одноимённой КМП РМС приведены в таблице 1. Промышленные медно-порфиридные месторождения в Охотско-Чукотском ВПП пока не обнаружены, поэтому в качестве объекта-аналога с определённой степенью условности может быть взято Песчанкинское рудное поле с Au-Mo-Cu-порфиридным месторождением Песчанка Баимского РР юрско-раннемелового Курьинского ВПП. Рудовмещающие породы монцитонитового ряда на этом объекте принадлежат существенно калиевым известково-щелочной и шонитовой сериям, то есть близки по составу к изученным на Ольховской площади. Геологическое строение этого самого крупного медно-порфиридного объекта в России описано в статьях [18, 25], его прогнозно-поисковая модель – в материалах отчёта [19] по результатам поисковых работ 2009–2012 гг. в Кавраляньской МПЗ.

Как было отмечено выше, Ольховская МПС представляет собой центральную часть крупной РМС с комплексной металлогенией, которой эквивалентен одноимённый ПРП. На южном фланге РМС выделено *Правоубиенкинское* ПРП (~ 42 км²) с многочисленными пунктами Au-полисульфидной и Au-Ag жильно-прожилковой минерализации в окварцованных и серицитизированных туфах андезитов и туфопесчаниках эмунеретской свиты андезит-дацит-риолитовой формации, комагматичной потенциально рудоносной монцитонитовидной габбро-диорит-гранодиорит-гранитной. Здесь выявлены обширные интенсивные аномалии Pb, Zn, Ag во ВОР. Однако достойные поискового изучения рудопроявления пока не обнаружены.

На северном фланге системы, в прибортовой части Нижне-Еропольского вулканопрогиба, примыкающего к Убиенкинскому магматогенному поднятию, по комплексу установленных поисковых признаков выделено *Горное ПРП* (~ 27 км²) с рудопроявлениями Горное и Косогорненское (Косое) золото-полисульфидного типа золото-серебряной формации и многочисленными пунктами Cu и Au-Ag минерализации. Рудопроявления локализованы в надынтризивной зоне Левокавраляньского гранитоидного массива упомянутой монцитонитовидной формации – в опущенном тектоническом блоке, с севера ограниченном Чинейвеевским, а с юго-востока – Анадырским разломами. Северную часть площади, где находится Косогорненское рудопроявление

Табл. 1. Прогнозно-поисковая модель Ольховского медно-порфирового ПРП одноимённого ПРР. Составлена с использованием [2]

Элементы модели – поисковые критерии и признаки	Потенциальное рудное поле
<p>1. Формационные: 1.1. Потенциально рудоносные плутогенные формации продуктивных ВПА</p>	<p><i>Габбро-диорит-гранодиорит-гранитная с монцонитоидным уклоном (K_2)</i> (кавральянский комплекс) раннего этапа формирования Охотско-Чукотского ВПП с двумя разновозрастными группами: <i>ранней:</i> габбро, габбро-диориты, диориты, кварцевые диориты (массивы); диоритовые и кварцевые диоритовые порфиры (штоки, дайки); брекчии пёстрого состава (с обломками габбро-диоритов, диоритов и комагматичных вулканитов) и биотитовым, хлоритовым, кварц-турмалиновым, альбит-кварцевым, кварц-серицитовым цементом; <i>поздней:</i> монцодиориты, кварцевые монцодиориты, кварцевые монцониты, гранодиориты первой фазы (массивы); кварцевые монцонит-порфиры, гранодиорит-порфиры второй фазы (штоки, дайки); гранит-порфиры, аляскиты, аплиты третьей фазы (дайки). Породы ранней группы, возможно, принадлежат габбро-диорит-гранодиорит-плаггиогранитной формации (K_1) К-Na известково-щелочной серии Удско-Мургальского ВПП</p>
<p>1.2. Рудовмещающие вулканогенные формации продуктивных ВПА</p>	<p><i>Андезит-дацит-андезидацитовая (K_2)</i> – кавральянская свита</p>
<p>1.3. Перекрывающие формации</p>	<p>Отсутствуют (кроме четвертичных рыхлых)</p>
<p>1.4. Подстилающие формации</p>	<p><i>Андезитовая (K_2)</i> – убиенкинская свита</p>
<p>2. Структурные</p>	<p>Разрывные нарушения северо-восточного и субширотного простирания, опоясывающие Анадырский глубинный разлом и контролирующее внедрение рудоносных кварцевых монцонит-порфиров, гранодиорит-порфиров. Эндо-экзоконтактовые зоны порфировых штоков – выступов-апофиз крупного полифазного интрузива кавральянского комплекса на глубине; жёлобообразные впадины в его кровле</p>
<p>3. Формационно-фациальные: 3.1. Рудоносные порфировые фазы продуктивных интрузивных комплексов</p>	<p>Кварцевые монцонит-порфиры, гранодиорит-порфиры второй фазы</p>
<p>3.2. Главные фазы продуктивных интрузивных комплексов</p>	<p>Монцодиориты, кварцевые монцодиориты, кварцевые монцониты, гранодиориты первой фазы</p>
<p>3.3. Дайковый комплекс, завершающий становление полиформационных плутонов (пострудные фазы)</p>	<p>Гранит-порфиры, аляскиты, аплиты третьей фазы</p>

Элементы модели – поисковые критерии и признаки	Потенциальное рудное поле
<p>4. Метасоматические</p>	<p><i>Вертикальная рудно-метасоматическая зональность</i>, отражающая смену (снизу вверх) характерных для МПС зон метасоматитов и типов рудной минерализации: филлизитовая ((карбонат-хлорит)-серицит-кварцевая) с молибденит-халькопирит-пиритовой (в порфириновом штоке) → внутренняя пропилитовая (кальцит-серицит-эпидот-альбит-хлорит-кварцевая) с основной рудообразующей (молибденит-магнетит)-пирит-халькопиритовой (в кварцевых диоритах экзоконтактной зоны штока) → внешняя пропилитовая (актинолит-биотитовая) с (халькопирит)-магнетитовой.</p> <p>В целом установленная зональность соответствует «монзонитовой» модели МПС, формирование которых связано с магматизмом существенно калиевого профиля. Отличие – отсутствие калишпатизации, что может быть связано с практически полным «уничтожением» зоны калишпатсодержащих метасоматитов наложенным кислотным выщелачиванием, приведшим к образованию филлизитовой зоны. На возможность такого варианта указывает исключительная интенсивность серицитизации и окварцевания (вплоть до так называемых «вторичных кварцитов») в её объёме</p>
<p>5. Геохимические</p>	<p>Комплексные высококонтрастные вторичные ореолы рассеяния Cu, Mo, Pb, Zn, Ag и др. элементов, соответствующие типовой геохимической зональности МПС.</p> <p>Размеры ореолов, оконтуренных по минимально аномальным значениям содержания цветных металлов, первые км в поперечнике. Вторичные аномалии Cu интенсивностью до 0,1 % и выше с площадями в первые десятки км².</p> <p><i>Индикаторы близнадрудного и рудного эрозионного среза:</i> комплексные аномалии Cu, Mo и Ag, обрамляющиеся по периферии аномалиями Pb и Zn; высокие отношения Cu/Mo и Cu*Mo*Ag/Pb*Zn (более 0,5) в полях повышенных содержаний Cu (более 90 ppm).</p> <p><i>Индикаторы надрудного эрозионного среза:</i> комплексные аномалии Cu и Ag, совмещение аномальных концентраций Cu и Co, низкие отношения Cu*Mo*Ag/Pb*Zn (менее 0,05) в полях повышенных содержаний Cu (более 90 ppm).</p> <p><i>Индикаторы подрудного эрозионного среза:</i> совмещение аномальных концентраций Mo и Ag</p>
<p>6. Минералогические</p>	<p>Проявления и пункты первичной и окисленной штокверковой и жильной (молибденово)-медной и золото-полисульфидной минерализации: кварцевые, кварц-карбонатные, кварц-турмалиновые, кварц-магнетитовые жилы и прожилки с сульфидами и сопровождающей вкрапленностью рудных минералов в межжильном пространстве; брекчии пёстрого состава – с обломками пород первой группы (габбро-диоритов, диоритов и комагматичных вулканитов) и биотитовым, хлоритовым, кварц-турмалиновым, альбит-кварцевым, кварц-серицитовым цементом с убогими магнетит-(халькопирит)-пиритовыми рудами.</p> <p>Зоны вкрапленной и гнездовой пиритизации (пиритовые ореолы).</p> <p>Ольховское медно-порфириновое проявление, сопряжённые со штоком кварцевых монзонит-порфириров – гранодиорит-порфириров кавральянского комплекса (K₂).</p> <p>Потоки рассеяния Cu с сопутствующими Au, Ag</p>
<p>7. Геофизические</p>	<p><i>Результаты профильной глубинной электроразведки</i> методом 2D электротомографии УЭС и ВП:</p> <p>порфириновый интрузив фиксируется полями со значениями $\rho = 2,6-3,0$ логарифма УЭС и η более 2 %;</p> <p>потенциальная минерализованная зона – полями со значениями $\eta = 3,0-3,4$ логарифма УЭС и η более 2,25 %</p>
<p>8. Морфологические (форма и параметры рудных зон)</p>	<p>Минерализованная зона, оконтуренная по бортовому содержанию Cu – 0,1 %, имеет изометричную форму в плане и размеры 300–450 × 600 м. В разрезе представляет собой перевернутую ассиметричную чашу со стенками с разными углами падения – от средних до близвертикальных. Её морфология определяется формой провиса кровли рудоносного интрузива, расщепляющегося по восстанию на ряд апофиз сложной, изометричной в плане, формы</p>

явление, занимает небольшая ВТД, ограниченная кольцевыми разломами и фиксирующаяся в гравитационном поле отрицательной аномалией. На северном фланге и в центре рудного поля закартированы мелкие штоки диоритовых и кварцевых диоритовых порфиритов габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной формации На профиля (ракетный комплекс) Оклано-Пенжинского ВПП (рисунки 8, 9).

Рудопроявления Горное и Косогорненское изучались при поисковых работах 1960-х гг. (Китаев и др., 1966 г. [11]) и ГС-50 1970-х гг. (Бочкарев, Шабалин и др., 1980 г. [4]), включавших проходку буровзрывных канав, а также при поисковых работах 2010–2012 гг. ФГУП ЦНИГРИ и ОАО «Георегион, в ходе которых на участке Горном были пробурены 4 скважины глубиной от 50 до 233 м (всего 457 пог. м).

Поисками по ВОР масштаба 1 : 50 000 и 10 000 в северо-западной части Убиенкинской лицензионной площади выявлены обширные интенсивные аномалии Pb, Zn, Ag, а в их центральных частях – небольшие аномалии Cu малой интенсивности. Анализ параметров этих аномалий позволил предположить надрудный эрозионный срез РМС в северной части Горного ПРП и верхнерудный в южной.

По данным геологического картирования участка *Горного рудопроявления*, документации пройденных на нём канав и колонковых скважин, было установлено, что Au-полисульфидное оруденение приурочено к гидротермально изменённым андезитам андезит-дацит-риолитовой формации (эмунеретская свита). В плане минерализованная зона имеет северо-восточное простирание (аз. 35°), размеры – 1000 × 230 м, падение – на северо-запад под углом 65–70°. Околорудные метасоматиты представлены пропилитами, березитоидами, апоэффузивными кварцитами.

Главные морфологические типы руд: кварцевые брекчии и жилы с вкрапленностью галенита, сфалерита, пирита, халькопирита, блёклых руд, реже – аргентита, фрейбергита, самородного золота; кварцевые и кварц-полисульфидные прожилки с теми же рудными минералами во вмещающих интенсивно окварцованных, серицитизированных, хлоритизированных и карбонатизированных вулканитах. В зоне окисления – медная зелень, азурит, гидроксиды железа.

По результатам ПКСА бороздовых проб (Китаев, 1965, 1967 гг.), содержания металлов в жилах и брекчиях: Au – от 0,1 до 3–5 (максимум –

33,4) г/т, Ag – от 10–15 до 30–40 (максимум – 300) г/т, Cu – 0,1–1,0 (до 7–10) %, Pb – 0,1–2,8 %, Zn – 0,3–1,0 (3,0) %. В штуфных пробах содержания Au – до 10–12 г/т, Ag – до 1000 г/т. По данным атомно-эмиссионного спектрального, ICP-OES и пробирного анализов, проведённых при поисковых работах 2009–2012 гг., в штуфных пробах содержания Au – от 0,05 до нескольких г/т, а в одной из проб 83 г/т, Ag – до 25 г/т, Cu – до 0,6 %; в скважинах: Au – до первых г/т, Ag – до 20,5 г/т, Cu – до 0,8 %.

Рудопроявление Косогорнинское. Представляет собой серию зон штокверкового окварцевания (мощностью до 35 м, протяжённостью до 300 м), кварцевых и кварц-турмалиновых брекчий (мощность до 60 м, протяжённость до 250 м) и кварцевых жил (мощность от 0,1 до 2,0 м, протяжённость от первых м до 150 м), локализованных в гидротермально изменённых (березиты) андезитах эмунеретской свиты. Рудные зоны имеют преимущественно северо-восточное и субширотное простирание. Главные минералы руд – халькопирит, галенит, сфалерит, блёклые руды, пирит, второстепенные – буланжерит, молибденит. Вторичные минералы – борнит, халькозин, ковеллин, малахит, азурит, гётит. Бороздовым и штуфным опробованием установлены содержания металлов в рудах: Au – 0,1–53,2 г/т, Ag – 1,7–741,3 г/т, Cu – 0,1–26,3 %, Pb – 0,1–1 %, Zn – 0,2–1,0 %, Mo – до 0,01 %.

Поисковые критерии и признаки ПРП золото-полисульфидного типа – Горного, Право-Убиенкинского и Пожарского, выделенных на флангах Ольховской и Серовской КМП РМС, – приведены в таблице 2.

Ракетное ПРП (~ 25 км²) выделено по данным геолого-поисковых маршрутов и опережающей литохимической съёмки на северо-восточном фланге Убиенкинского магматогенного поднятия в зоне влияния Анадырского глубинного разлома и опережающих его разломов более высоких порядков северо-восточного простирания. В строении Ракетной МПС принимают участие ВПА Охотско-Чукотского окраинно-континентального и Оклано-Пенжинского рифтогенного островодужного ВПП.

Вулканогенные породы палеоценовой контрастной базальт-андезит-дацитовой формации (энмываамской свиты) последнего из названных поясов, залегающие моноклинально с пологим (5–25°) северо-западным падением, с несогласием перекрывают вулканиты позднемиоценовой андезит-андезидацит-дацитовой формации (кавралянской свиты)

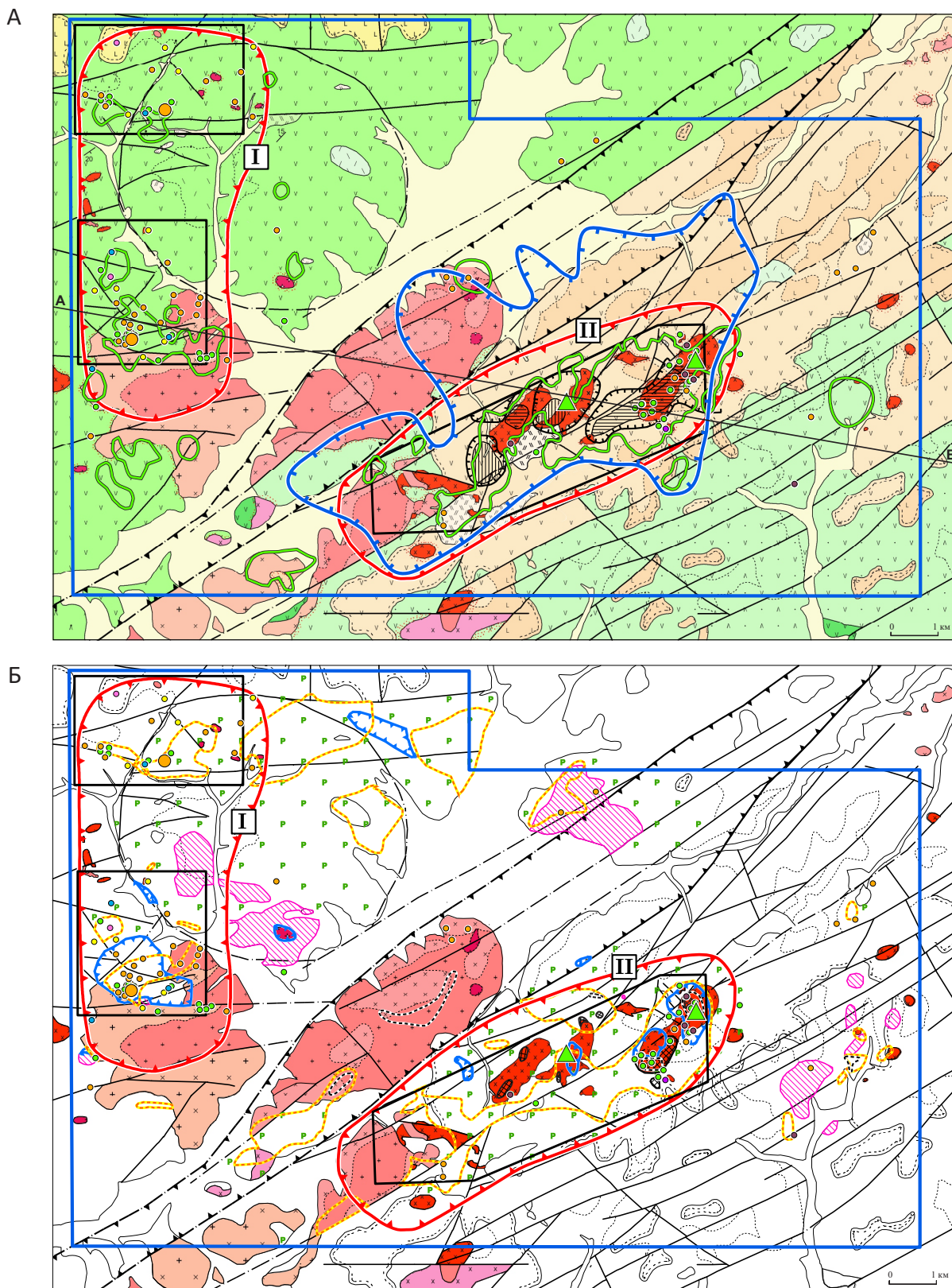


Рис. 8. Прогнозная карта Убиенкинской перспективной площади масштаба 1 : 50 000 (уменьшено):

А – структурно-формационная основа с рудной нагрузкой, аномалиями Cu в ВОР, магнитными и электроразведочными аномалиями; Б – накладка с ареалами распространения околорудных метасоматитов и рудной минерализации; см. услов. обозн. к рис. 9

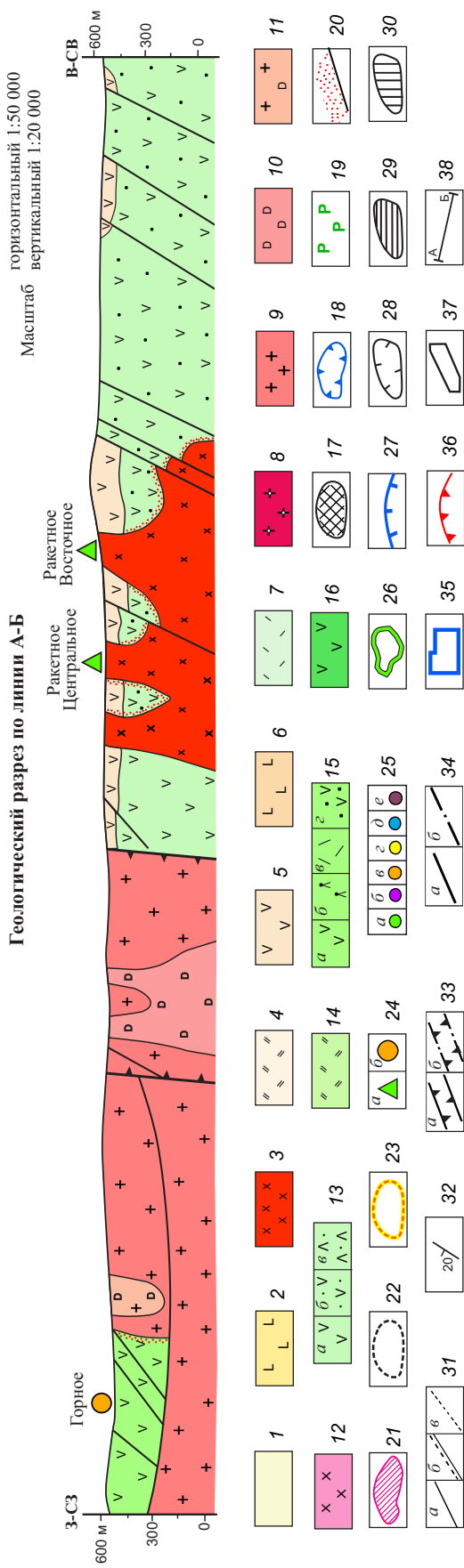


Рис. 9. Геологический разрез (уменьшено):

1 – четвертичные рыхлые отложения; 2 – платобазальты; 3–6 – формации Окляно-Пенжинского ВПП: 3 – габбро-диорит-тоналит-плагиогранитная (ракетный комплекс): габбро, диориты, кварцевые диориты, тоналиты, кварцевые диориты, диоритовые и кварцевые диориты, тоналит-порфиры, плагиогранит-порфиры, 4–6 – контрастная базальт-андезит-дацитовая (энымеваамская свита): 4 – экструзивно-субвулканические теладацитов, 5 – лавы и туфы андезитов, 6 – лавы базальтов; 7–16 – формации Охотско-Чукотского ВПП: 7 – дацит-риолитовая (терпужойская свита) позднегоэтапа становления пояса: субвулканические тела и дайки дацитов и риолитов, 8–16 – раннего этапа: 8–12 – монцитонитовая габбро-диорит-гранодиорит-гранитная (кавральянская свита): лавы андезитов (а), гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры и кварцевые монцитонит-порфиры (третья фаза), 9 – граниты (вторая фаза), 10 – кварцевые монцитоны (вторая фаза), 11 – граниты и кварцевые монцитоны (первая фаза), 12 – диориты (первая фаза), 13 – андезит-андезит-дацитовая (эмунеретская свита): 14 – субвулканические тела дацитов, 15 – лавы андезитов (а), туфы андезитов (б), игнимбриты риолитов (в), кварцевые монцитоны (г), 16 – андезитовая (убиенкинская свита): лавы андезитов; 17–19 – метасоматиты: 17 – биотитовые, 18 – кварц-серцитовые, серцит-кварцевые, кварцевые, кварц-серцит-хлоритовые, серцит-хлоритовые (с карбонатами), 19 – пропилиты; 20 – контактовые роговики; 21 – апоэффузивные кварциты; 22–23 – ареалы развития рудной минерализации: 22 – магнетитовой, 23 – сульфидной; 24 – рудопроявления: медно-порфировые – Ракетное Центральное и Ракетное Восточное (а), золота (з), серебра (с), свинца (д), цинка (е); 26 – аномалии меди во ВОР интенсивностью $\geq 0,025\%$ (по результатам литохимической съемки масштаба 1 : 25 000 ФГУП «Георегион» 2010 г.); 27 – аномалии медно-кобальтовой (а), цинково-свинцовой (б), полисульфидной (в), полисульфидной (г), полисульфидной (д), полисульфидной (е), полисульфидной (ж), полисульфидной (з), полисульфидной (и), полисульфидной (к), полисульфидной (л), полисульфидной (м), полисульфидной (н), полисульфидной (о), полисульфидной (п), полисульфидной (р), полисульфидной (с), полисульфидной (т), полисульфидной (у), полисульфидной (ф), полисульфидной (х), полисульфидной (ц), полисульфидной (ч), полисульфидной (ш), полисульфидной (щ), полисульфидной (ъ), полисульфидной (ы), полисульфидной (э), полисульфидной (ю), полисульфидной (я); 28 – отрицательные магнитного поля, 29 – ЕП интенсивностью (-300)–(-600) мВ, 30 – СЭП-ВП, ВЭЗ-ВП (вызванная поляризуемость более 6%), ЕП интенсивностью (-50)–(-100) мВ (по данным ОАО «Георегион» 2010 г.); 31 – контакты пород: согласного залегания (а), несогласного залегания (б), литофациальные (в); 32 – элементы залегания пород; 33–34 – разрывные нарушения: 33 – зона Анадырского глубинного разлома: установленная (а), предполагаемая под четвертичными отложениями (б), 34 – оперяющие и иные разломы низших порядков: установленные (а), предполагаемые (б); 35–37 – границы: 35 – Убиенкинской лицензионной площади, 36 – потенциальных рудных полей: Горного (I) и Ракетного (II), 37 – площадей литохимической, магнитной и электроразведочной съемки масштаба 1 : 25 000 и 1 : 10 000; 38 – линия геологического разреза

и комагматичные им массивы диоритов – монцодиоритов – кварцевых монцодиоритов. В юго-западной части ПРП и западнее – в поднятом тектоническом блоке в зоне Анадырского разлома и на южном фланге Горного ПРП – эти массивы вскрыты эрозией. В центральной и восточной частях Ракетного поля вулканиты энмываамской и нижележащей кавральянской свит прорваны мелкими массивами, штоками и дайками тоналитового ряда (от габбро до плагиогранит-порфиры) палеоценового ракетного комплекса, в которых отмечаются многочисленные ксенолиты гранитоидов кавральянского комплекса.

В становлении ракетного комплекса выделены четыре фазы: I – габбро, диориты и мелкозернистые кварцевые диориты, слагающие основной объём массивов; II – диоритовые и кварцевые диоритовые порфиры (штоки); III – порфиридные тоналиты и плагиограниты (штоки); IV – тоналит-порфиры и плагиогранит-порфиры (дайки). Рудоносными являются штоки диоритовых и кварцевых диоритовых порфиритов, а также порфиридных тоналитов, в экзоконтактных зонах которых, преимущественно в мелкозернистых диоритах первой фазы, сосредоточен основной объём медно-порфиридных руд (см. рисунки 8, 9).

Вмещающие вулканогенные породы в экзоконтактах интрузивных массивов ороговикованы, окварцованы, серицитизированы, хлоритизированы. В периферийных участках развита площадная пропилитизация вулканитов с мелкой рассеянной окисленной пиритовой вкрапленностью (пиритовый ореол) и участками интенсивной эпидотизации и березитизации; встречаются тела апоэффузивных вторичных кварцитов. Сами интрузивы в апикальных частях интенсивно биотитизированы, окварцованы, серицитизированы.

Наиболее значительное по площади (около 1,8 км²) поле биотитизированных, окварцованных и серицитизированных пород с рудной минерализацией оконтурено на восточном наиболее эродированном фланге ПРП (участок рудопроявления Ракетное Восточное). Оно приурочено к наибольшему по площади выходу на дневную поверхность штока рудоносных диоритовых – кварцевых диоритовых порфиритов в выступе-апофизе крупного многофазного Ракетного плутона, прогнозируемого на глубине. В центре (участок рудопроявления Ракетное Центральное) и на западном фланге рудного поля с меньшими уровнями эрозионного среза такие выходы несравненно меньше размерами, как

и поля сопряжённых с ними минерализованных серицитсодержащих метасоматитов.

Установленная рудно-метасоматическая зональность подобна зональности МПС рифтогенных базальтоидных поясов Урала (Михеевская, Вознесенская, Круглогорская, Покровская, Тоупугол-Ханмейшорская, Гумешевская и др.), формирование которых связано с магматизмом натрового (тоналитового) профиля. От центра к периферии системы отмечается смена следующих зон: внутриинтрузивная (в порфиридных штоках) пропилитовая (альбит-карбонат-актинолит-эпидот-хлорит-пренитовая) → внутренняя биотитовая с основным объёмом прожилково-вкрапленных магнетит-халькопирит-пиритовых руд → фрагментарно проявленная филлизитовая (кварц-серицитовые, хлорит-кварц-серицитовые, монокварцевые метасоматиты с карбонатами) с вкрапленностью пирита и халькопирита → внешняя пропилитовая (альбит-актинолит-эпидот-карбонат-хлоритовая) с обширным пиритовым ореолом, охватывающим практически всю площадь участка. Эта зональность близка к описанной в «диоритовой» модели В. Холлистера [29].

Вкрапленная и прожилково- жильная магнетитовая и сульфидная минерализация локализована в основном в биотитовой и филлизитовой зонах. Локальные участки, обогащённые халькопиритом, сопряжены с зоной интенсивной биотитизации мелкозернистых диоритов первой фазы ракетного комплекса.

Руды представлены разноориентированными кварцевыми и кварц-карбонатными жилами (до 10–20 см мощностью) и прожилками (от долей до первых мм) с магнетитом и сульфидами, сопровождающимися вкрапленностью (1–3 %, редко до 5–7 % объёма пород) магнетита, пирита, реже халькопирита, приуроченной к хлоритизированным темноцветным минералам. В зальбандах жил и прожилков – хлорит, эпидот. Пострудные прожилки сложены кварцем, карбонатом, ангидритом, реже флюоритом и цеолитами.

Главные рудные минералы руд – халькопирит, пирит, магнетит, гематит (спекулярит); второстепенные – галенит, сфалерит, пирротин. Среди гипергенных минералов преобладают малахит, азурит, халькозин, ковеллин, азурит и хризоколл. Магнетит частично замещён гематитом. В биотитизированных породах он нередко содержит тонкую вкрапленность наложенного халькопирита. Сульфиды в прожилках присутствуют в виде вкрапленности, также представлены гнёздами, отдельными

Табл. 2. Прогнозно-поисковая модель ПРП золото-полисульфидного типа Ольховского и Серовского ПРР

Элементы модели – поисковые критерии и признаки	Потенциальное рудное поле
1. Формационные: 1.1. Потенциально рудоносные плутоногенные формации продуктивных ВПА	<i>Габбро-диорит-гранодиорит-гранитная с монцонитоидным уклоном (K₂)</i> (кавральянский комплекс) раннего этапа формирования Охотско-Чукотского ВПП с двумя разновозрастными группами: <i>ранней:</i> габбро, габбро-диориты, диориты, кварцевые диориты (массивы); диоритовые и кварцевые диоритовые порфириты (штоки, дайки); <i>поздней:</i> монцодиориты, кварцевые монцодиориты, кварцевые монцониты, гранодиориты первой фазы (массивы); кварцевые монцонит-порфиры, гранодиорит-порфиры второй фазы (штоки, дайки); гранит-порфиры, аляскиты, аплиты третьей фазы (дайки). Породы ранней группы, возможно, принадлежат <i>габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитной формации (K₁)</i> К-На известково-щелочной серии Удско-Мургальского ВПП
1.2. Рудовмещающие вулканогенные формации продуктивных ВПА	<i>Дацит-андезидацитовая (K₂)</i> – халанкинская свита; <i>дацит-андезидацит-риолитовая (K₂)</i> – нижняя толща эмунеретской свиты
1.3. Перекрывающие формации	<i>Дацит-риолитовая (игнимбритовая) (K₂)</i> – терпухойская свита
1.4. Подстилающие формации	<i>Андезитовая (K₁)</i> – усовская свита
2. Структурные	Прибортовые части вулканопрогибов, примыкающие к Убиенкинскому магматогенному поднятию. Анадырский глубинный разлом с опережающими разломами низших порядков, контролирующий положение и морфологию Лаво-Кавральянского и Серовского многофазных плутонов; надынтрязивные зоны последних. Кольцевые и радиальные разломы вулканических и вулканоплутонических структур
3. Формационно-фациальные:	
3.1. Порфировые фазы продуктивных интрузивных комплексов	Кварцевые монцонит-порфиры, гранодиорит-порфиры второй фазы
3.2. Главные фазы продуктивных интрузивных комплексов	Кварцевые монцониты, гранодиориты первой фазы
3.3. Дайковый комплекс, завершающий становление полиформационных плутонов (пострудные фазы)	Гранит-порфиры, аляскиты, аплиты третьей фазы
4. Метасоматические	Линейно вытянутые зоны гидротермального изменения кавральянских гранитоидов (на Серовском проявлении) и вмещающих вулканитов (на Горном и Косогорнинском). Метасоматическая зональность (от центра к периферии): филлизитовая (карбонат- и пиритсодержащие кварц-серицитовые, хлорит-кварц-серицитовые, серицит-кварцевые (до монокварцевых) метасоматиты) → пропилитовая
5. Геохимические	Обширные контрастные вторичные ореолы рассеяния Pb и Zn, в центральных частях которых сравнительно небольшие аномалии Cu и Mo, что может интерпретироваться как признак верхних частей не вскрытых эрозией МПС

Элементы модели – поисковые критерии и признаки	Потенциальное рудное поле
6. Минералогические	Многочисленные пункты первичной и окисленной жильной и прожилково-вкрапленной медной и полисульфидной (с золотом) минерализации. Пиритовые ореолы. Жильные золото-полисульфидные проявления Горное, Косогорнинское, Серовское (кварц-турмалиновые и кварцевые брекчии, сульфидно-кварцевые, кварц-карбонатные жилы и прожилки с галенитом, сфалеритом, пиритом, халькопиритом, теннантитом, аргентитом). Золотые россыпи и шлиховые потоки рассеяния золота
7. Геофизические	Контрастные разнознаковые магнитометрические аномалии, отражающие распространение вулканогенных и интрузивных пород с различными магнитными свойствами. Отрицательные магнитные аномалии (dT_a от -200 до -400 нТл и ниже) на фоне слабо повышенных значений, фиксирующие поля гидротермально-изменённых пород. Высокие значения кажущегося сопротивления ρ_k (3000–50 000 Ом·м на фоне 500–2000 Ом·м, метод ЭП) соответствуют зонам окварцевания, а также распространения кварцевых жил и брекчий
8. Морфологические (форма и параметры рудных зон)	Серия линейно вытянутых (со средними углами падения) зон жильно-прожилковой минерализации и оруденелых брекчий мощностью в первые десятки м, прослеженные до первых сотен м; жилы мощностью от нескольких сантиметров до первых метров протяжённостью до 80–100 м. Общие параметры зон гидротермально изменённых минерализованных пород: протяжённость до 1000 м, ширина до 230 м

зёрнами и прожилками пиритового, пирит-халькопиритового и халькопиритового состава (без кварцевого сопровождения), нередко в сростании с магнетитом и ильменитом.

Объём, занимаемый рудными жилами и прожилками во вмещающих породах, составляет от 1–2 до 5–7 %, но в южном экзоконтакте порфиорового штока в биотитизированных диоритах на участке рудопроявления Ракетное Восточное достигает «ураганных» значений – до 50–60 %. Однако количество рудных минералов здесь невелико – не более 1–3 %, максимум 5 %, что отражается в низких содержаниях Cu. Судя по всему, это практически безрудное «кварцевое ядро» Ракетной МПС.

Выявленные детализационными поисковыми работами масштаба 1 : 25 000–1 : 10 000 и крупнее (геолого-поисковыми маршрутами, литохимической съёмкой, магнито- и электроразведкой, гамма-спектрометрией) разобобщённые поля гидротермально изменённых и оруденелых пород «фиксируют» отдельные центры Ракетной гидротермальной рудообразующей системы, сопряжённые в пространстве с выступами-апофизами единого на глубине крупного многофазного массива габбро-

диорит-тоналит-плаггиогранитной формации существенно Na профиля (ракетного комплекса) Окклано-Пенжинского пояса. Существование таких центров подтверждается также наибольшим сосредоточением пунктов минерализации Cu, Mo, Au, Ag, Pb, Zn, шлиховыми ореолами Au, а также зональностью ВОР. Обширные аномалии повышенных содержаний Cu и Mo, фиксирующие внутренние части системы, к периферии сменяются не менее значительными по площади ореолами Pb, Zn и Ag, что соответствуют классической модели геохимической зональности МПС, описанной во многих публикациях [13, 14, 17 и др.].

Прогнозно-поисковые признаки и критерии, установленные при изучении Ракетной МПС и дополненные поисковыми данными по Веткинской, приведены в таблице 3. Элементы построенной ППМ отражены на прогнозной карте Убиенкинской перспективной площади (см. рисунки 8, 9) и учтены при оконтуривании ПРП, эквивалентных названным системам. Ввиду отсутствия промышленно значимых медно-порфиоровых объектов в Окклано-Пенжинском и Удско-Мургальском ВПП в качестве объекта-аналога может рассматриваться

Табл. 3. Прогнозно-поисковая модель медно-порфировых ПРП Убиенкинской и Серовской перспективных площадей

Элементы модели – поисковые критерии и признаки	Потенциальное рудное поле
1. Формационные: 1.1. Потенциально рудоносные плутогенные формации продуктивных ВПА	<i>Габбро-диорит-тоналит-плагиогранитная формация (P₁)</i> (ракетный комплекс) К-На известково-щелочной серии Окрано-Пенжинского ВПП с четырьмя фазами становления: первая: габбро, диориты и кварцевые диориты мелкозернистые (массивы); вторая: диоритовые и кварцевые диоритовые порфиры (штоки); третья: тоналиты и плагиограниты порфировидные (штоки); четвертая: тоналит-порфиры и плагиогранит-порфиры (дайки)
1.2. Рудовмещающие вулканогенные формации продуктивных ВПА	<i>Дацит-андезитовая формация (K_{1,2})</i> – халанкинская, кавральянская, убиенкинская, авдеевская, волчинская свиты/толщи. <i>Базальт-андезибазальтовая формация (K₁)</i> – березовская свита
1.3. Перекрывающие формации	Платобазальты (Q)
1.4. Подстилающие формации	Вулканогенные формации двух ВПП: Охотско-Чукотского (K ₁ –K ₂): <i>дацит-риолитовая (игнимбритовая) (K₂)</i> – терпухойская свита; <i>андезит-андезидацит-дацитовая (K₂)</i> – кавральянская свита; <i>андезитовая (K₂)</i> – убиенкинская свита; <i>базальт-андезибазальтовая (K₁)</i> – березовская свита; Удско-Мургалевского (J ₃ –K ₁): андезитовая (K ₁) – усовская свита
2. Структурные	Анадырский глубинный разлом северо-восточного простирания с многочисленными оперяющими разломами. Экзоконтактовые зоны штоков кварцевых диоритовых порфиритов – порфировидных тоналитов габбро-диорит-тоналит-плагиогранитовой формации (P ₁)
3. Формационно-фациальные: 3.1. Порфировые фазы продуктивных интрузивных комплексов	Диоритовые и кварцевые диоритовые порфиры второй фазы, тоналиты порфировидные третьей фазы
3.2. Главные фазы продуктивных интрузивных комплексов	Габбро средне-крупнозернистое, диориты и кварцевые диориты мелкозернистые первой фазы. Ксенолиты кварцевых диоритов, гранодиоритов и гранитов предположительно кавральянского комплекса габбро-диорит-гранодиорит-гранитной монцитонитовой формации (K ₂)
3.3. Дайковый комплекс, завершающий становление полиформационных плутонов (пострудные фазы)	Тоналит-порфиры и плагиогранит-порфиры четвертой фазы
4. Метасоматические	Поля гидротермально изменённых пород площадью от сотен м ² до первых км ² . Метасоматическая зональность (от центра к периферии систем): внутренняя пропиловитовая (в порфировых штоках) → биотитовая с магнетитом (в прожилках и вкрапленности) → филлизитовая (карбонат- и пиритсодержащие кварц-серицитовые, хлорит-кварц-серицитовые, серицит-кварцевые, монокварцевые метасоматиты с карбонатами), частично наложенная на предшествующую → пропиловитовая (альбит-актинолит-эпидот-карбонат-хлоритовые с пиритом метасоматиты с вариациями количественных соотношений вторичных минералов). Сульфидная прожилково-вкрапленная минерализация сосредоточена в биотитовой и частично филлизитовой зонах. В пропиловитовой зоне развита мелкая вкрапленность пирита (пиритовый ореол). В целом рудно-метасоматическая зональность соответствует «диоритовой» модели зональности МПС, формирование которых связано с магматизмом существенно натрового (тоналитового) профиля

Элементы модели – поисковые критерии и признаки	Потенциальное рудное поле
5. Геохимические	<p>Комплексные высококонтрастные вторичные ореолы рассеяния Cu, Mo, Pb, Zn, Ag и др. элементов, пространственные соотношения которых соответствуют типовой геохимической зональности МПС.</p> <p>Размеры ореолов, оконтуренных по минимально аномальным значениям содержаний цветных металлов, первые километры в поперечнике. Вторичные аномалии Cu интенсивностью до 0,1 % и выше с площадями в первые десятые км²</p>
6. Минералогические	<p>Проявления и пункты первичной и окисленной штокверковой и жильной медной минерализации: сульфидно-кварцевые, кварцевые, кварц-карбонатные, кварц-турмалиновые, кварц-магнетитовые жилы и прожилки с сульфидами и сопровождающей вкрапленностью рудных минералов в межжильном пространстве.</p> <p>Зоны вкрапленной и гнездовой пиритизации (пиритовые ореолы).</p> <p>Медно-порфиоровые проявления Ракетное Центральное, Ракетное Восточное, Веткинское, сопряжённые с порфиоровыми штоками – выступами-апофизами находящегося на глубине полифазного плутона ракетного комплекса (Р₁).</p> <p>Потоки рассеяния Cu с сопутствующим Ag</p>
7. Геофизические	<p>Высококонтрастные магнито- и гамма-спектрометрические аномалии, которые отражают выходы на дневную поверхность разнотипных пород, в т.ч. метасоматически изменённых, фиксирующих пониженными значениями dTa. Аномалии содержаний K, Th, Ra, отражающие в основном монцитонидные дифференциаты кавральянского комплекса (К₂) и риолитовые купола (Р₁), а также зоны биотитизации и серицитизации пород.</p> <p>Аномалии ВП, фиксирующие зоны сульфидной минерализации, преимущественно пиритизации (пиритовые ореолы)</p>
8. Морфологические (форма и параметры рудных зон)	<p>Изометричные в плане, слабо вытянутые в восточном-северо-восточном направлении зоны развития прожилково-вкрапленной медной минерализации с углами падения от средних до крутых.</p> <p>При оконтуривании по содержанию меди 0,1 % размеры зон по поверхности измеряются сотнями метров.</p> <p>На Ракетном-Восточном поисковом участке одноимённого ПРП выделены две разобщённые рудные зоны с параметрами около 550 × 160 м и 200 × 120 м. В разрезе первая (Центральная зона) имеет форму перевёрнутой чаши, вторая (Северо-Восточная) – расширяющейся по восстанию трубы</p>

Михеевское рудное поле с одноимённым (Mo)-Cu-порфиоровым месторождением. Оно выделено в Новониколаевском РР Новониколаевско-Тарутинской МЗ (Восточно-Уральская провинция, Ю. Урал), отвечающей грабен-синклинали протяжённостью более 60 км. Образование Михеевского месторождения связано со становлением габбро-диорит-плагиогранитной формации Катенинского рифтогенного пояса (D₃-C₁). Его положение в геоструктурах и геологическое строение подробно описаны в работах [6, 12, 26], параметрическая гео-

лого-поисковая модель – в монографии «Медно-порфиоровые месторождения» [14].

По степени проявления поисковых признаков на площади Ракетного ПРП были выделены три поисковых участка различной перспективности для постановки заверочных горно-буровых работ: Ракетный (Восточный), Центральный и Западный. На первом, наиболее перспективном, пройдены 3 магистральные канавы (718 пог. м) и пробурены 9 колонковых скважин глубиной от 155 до 301 м. На участке рудопроявления Ракетное-Центральное для

заверки комплексной аномалии Cu и Mo пробурена 1 скважина. Всего на рудном поле пробурены 10 скважин – 2784 пог. м.

В итоге на Ракетном участке по бортовому содержанию меди 0,1 % были оконтурены две рудные зоны – Центральная с морфологией перевёрнутой чаши и параметрами по поверхности 500×250 м, вертикальным размахом до 230 м и расширяющаяся по восстанию трубообразная Северо-Восточная, около 120 м в поперечнике, прослеженная до глубины 280 м. Содержания меди в рудах невысокие – от 0,2 до 0,6–0,7 %, в отдельных пробах до 1,0 %, попутных компонентов – низкое.

Оценённые по категории P_2 прогнозные ресурсы минерализованных зон Ракетного ПРП, оконтуренных по бортовому содержанию меди 0,1 % до глубины 300 м, составили руды 607 млн т, меди 971 тыс. т при среднем содержании 0,16 %. С учётом низкого содержания Cu они были отнесены к некондиционным.

Завершая описание потенциальных рудных полей Ольховского ПРП, отметим, что принадлежность распространённых в их пределах рудоносных интрузивных комплексов к разным магматическим сериям отразилась в рудно-метасоматической зональности и составе руд изученных объектов, что было учтено в прогнозно-поисковых моделях. К главным отличиям, помимо, естественно, состава основных (фанеритовых) и рудоносных порфирировых фаз продуктивных плутоногенных формаций – монзонитового профиля для Ольховской МПС и тоналитового – для Ракетной, можно отнести интенсивную биотитизацию (при полном отсутствии калишпатизации), более «густой» сульфидно-магнетит-кварцевый штокверк (иногда до 50–60 % объёма вмещающих пород), отсутствие Au-полисульфидных жильно-прожилковых проявлений на флангах, а также низкие содержания Cu и попутных компонентов в рудах последней из них. Более высокие содержания Cu, Au и Ag в рудах Ольховского рудопроявления, соответствовавшие заданным оценочным параметрам, позволили локализовать и апробировать их прогнозные ресурсы по категории P_2 . Кроме того, серицитсодержащие метасоматиты филлизитовой зоны – продукты кислотного выщелачивания пород на Ракетной МПС – развиты ограничено в отличие от Ольховской, где они широко распространены, хотя, возможно, это следствие более глубокого эрозийного среза восточного фланга Ракетной РМС со вскрытием безрудного «кварцевого ядра», харак-

терного для сильно эродированных медно-порфирировых объектов. Ранний высокотемпературный калиево-кремниевый метасоматоз в Ольховской МПС проявлен в виде слабой биотитизации во внутренних частях (эндо-экзоконтактовых зонах рудоносных интрузивов) и в ранних пропилитах (биотитовых, биотит-амфиболовых, амфиболовых) – на флангах [1, 2]. Калишпатизация не отмечена, но не исключено, что ранние калишпатовые (или биотит-калишпатовые) метасоматиты были полностью уничтожены наложенным, исключительно интенсивным кислотным выщелачиванием.

Выводы. 1. На перспективы Кавральянской металлогенической подзоны в отношении поисков медно-порфирировых и сопряжённых руд благородных металлов указывают следующие факторы:

- площадное развитие трёх потенциально продуктивных ВПА и их плутоногенных составляющих – формаций: неокомовой габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитной (мургальский комплекс) рифтогенного Удско-Мургальского ВПП, позднемеловой монзонитоидной габбро-диорит-гранодиорит-гранитной (кавральянский комплекс) раннего этапа становления андезитоидного окраинно-континентального орогенно-активизационного Охотско-Чукотского и палеоценовой габбро-диорит-тоналит-плагиогранитной (ракетный комплекс) рифтогенного Окляно-Пенжинского, выделенного на изученной территории впервые (рудоносными в пределах МПЗ являются формации двух последних поясов);

- геоструктурная обстановка – сочленение магматогенных поднятий Мургальского горст-антиклинария, ядерные части которых занимают многофазные, нередко полиформационные, интрузивные массивы перечисленных формаций (комплексов) с Нижне-Еропольским и Тополевским вулканотектоническими прогибами; подобные условия локализации характерны для большинства комплексных медно-порфирировых систем ВПП тихоокеанской окраины России; они благоприятны для обнаружения медно-порфирировых и сопряжённых мезо- и эпиптермальных Au-полисульфидных и Au-Ag объектов;

- развитие обширных полей гидротермально-изменённых пород, приуроченных к эндо-экзоконтактовым зонам штоков и даек завершающих порфирировых фаз плутонов рудоносных формаций; наличие медно-порфирировых рудопроявлений, а также проявлений и многочисленных пунктов мезо- и эпиптермальной жильно-прожилковой благород-

нометалльной минерализации фланговых и периферийных частей РМС с комплексной металлогенией; присутствие масштабных, высокоинтенсивных ВОР Cu, Mo, Pb, Zn, Ag, потоков рассеяния тех же элементов и Au, а также шлиховых ореолов золота, шеелита, киновари.

2. Проведёнными исследованиями, включавшими создание структурно-формационной, геофизической и геохимической основ прогнозного районирования территории Кавряльнянской МПЗ и традиционный комплекс поисковых методов, были выявлены Ольховская и Серовская КПМ РМС, образовавшиеся при становлении Пенжинско-Анадырского звена мелового Охотско-Чукотского ВПП; оконтурены эквивалентные им ПРР, а также внутренние и фланговые (периферийные) части этих систем, отвечающие ПРП с медно-порфировым и сопряжённым Au-полисульфидным и Au-Ag оруденением. Кроме них на северо-восточном фланге Ольховского района выявлена эквивалентная ПРП Ракетная МПС палеоценового Оклано-Пенжинского пояса. На севере Серовского ПРП установлены поисковые признаки такой же системы – Ветчинской, но она изучена слабо.

3. Принадлежность плутоногенных формаций, продуктивных на медно-порфировое оруденение, к производным известково-щелочной серии Na-K и K-Na профиля отразилась в различиях петрологии рудовмещающих пород и рудно-метасоматической зональности МПС – Ольховской Охотско-Чукотского ВПП и Ракетной наложенного Оклано-Пенжинского. Зональность первой из них отвечает «монцонитовой» модели, второй – «диоритовой». Вероятно, что это также явилось причиной более низких содержаний полезных компонентов в рудах Ракетного рудопроявления в сравнении с Ольховским, в частности отсутствии значимых концентраций Au и Ag.

4. Выявленные опережающей литохимической съёмкой АГХП в комплексе с данными геологического картирования масштабов 1 : 200 000 и 1 : 50 000 дали возможность оконтурить в первом приближении ПРП. Их границы были уточнены в ходе проведения геолого-поисковых маршрутов масштаба 1 : 25 000, 1 : 10 000–1 : 5000, геохимических поисков по ВОР масштаба 1 : 25 000

и 1 : 10 000, магнито- и электроразведки, гамма-спектрометрии масштаба 1 : 25 000–1 : 10 000. По их результатам, с учётом элементов созданных прогнозно-поисковых моделей ПРП, которые соответствуют прямым и косвенным поисковым признакам разных частей РМС, были выделены участки детализации (ПУ) с ранжированием по перспективности и очередности постановки заверочных горно-буровых работ.

Научная новизна и прикладное значение результатов комплексных исследований специалистов ЦНИГРИ, ОАО «Георегион» и ЗАО «НПП ВИРГ-Рудгеофизика» состоит: в формационном расчленении СВК трёх разновозрастных ВПП (Охотско-Чукотского, Удско-Мургальского и Оклано-Пенжинский) и их субстрата (фундамента) с выделением ВПА, продуктивных на медно-порфировые и благороднометалльные руды; выявлении и оконтуривании связанных с их становлением КПМ РМС, эквивалентных ПРР, их внутренних и фланговых частей с разной металлогенией, которым соответствуют ПРП; установлении различий в рудно-метасоматической зональности и составе руд изученных МПС, обусловленных главным образом принадлежностью рудоносных интрузивных комплексов существенно калиевой либо натровой известково-щелочным сериям – производным магматических очагов в орогенно-активизационной окраинно-континентальной и рифтогенной (посторогенной) геодинамических обстановках.

В целом проведёнными исследованиями поставленная цель по оценке перспектив выявления медно-порфировых месторождений на территории Юго-Западной Чукотки была достигнута. Такие перспективы имеются, о чём свидетельствуют вышеизложенные материалы, в том числе апробированные прогнозные ресурсы меди, золота и серебра категории P_2 Ольховского рудного поля.

Описанные методические подходы к решению прогнозно-поисковых задач могут быть использованы при реализации будущих геологоразведочных проектов, направленных на обнаружение месторождений медно-порфировых и сопряжённых руд благородных металлов в Чукотском АО и Дальневосточном ФО в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев А. В., Авилова О. В., Васюков В. В., Звездов В. С., Минина О. В., Столяренко В. В., Чернов Е. Е. Медно-порфиновые проявления Юго-Западной Чукотки и перспективы обнаружения промышленных объектов // Отечественная геология. – 2014. – № 6. – С. 32–47.
2. Андреев А. В., Волчков А. Г., Авилова О. В. [и др.] Отчёт по объекту «Вещественный состав и зональность медно-порфинового оруденения Ольховской площади Мургалльской металлогенической зоны». Договор № 001д с ОАО «ГЕОРЕГИОН». – М. : ФГУП ЦНИГРИ, 2012.
3. Асламов Ю. В., Альтман В. Л. Отчёт о результатах работ по объекту «Комплексная интерпретация геофизических данных по Убиенкинской и Серовской площадям с целью выделения площадей, перспективных для обнаружения медно-порфиновых и сопряженных руд». Договор № 50/2010 с ФГУП «ГЕОРЕГИОН» в рамках Государственного контракта № 2/2010. – СПб. : ЗАО НПП ВИРГ-РУД-ГЕОФИЗИКА. – 2011.
4. Бочкарев А. С., Шабалин В. П. [и др.] Отчёт о групповой геологической съёмке, геологическом доизучении площади масштаба 1 : 50 000 и поисках месторождений полезных ископаемых на территории листов Q-59-76-А, Б, В, Г; 77- А, Б, В, Г; 78- А, Б; 87- Г; 88- А, Б, В, Г; 89- А, Б; 99- А, Б, в бассейне верхнего течения р. Анадырь. Верхне-Анадырский групповой отряд (1976–1980 гг.). – Анадырь, 1980.
5. Васюков В. В., Андреев А. В., Авилова О. В. Геолого-геохимические критерии прогнозирования медно-порфиновых и сопряженных руд в Пенжинско-Анадырской металлогенической зоне, Чукотский АО // Отечественная геология. – 2016. – № 1. – С. 62–71.
6. Грабежев А. И., Белгородский Е. А. Продуктивные гранитоиды и метасоматиты медно-порфиновых месторождений (на примере Урала). – Екатеринбург : УрО РАН, 1992. – 199 с.
7. Григорян С. В., Соловов А. П., Кузин М. Ф. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. – М. : Недра, 1983. – 191 с.
8. Звездов В. С. Обстановки формирования крупных и сверхкрупных медно-порфиновых месторождений // Отечественная геология. – 2019. – № 5. – С. 16–35.
9. Звездов В. С. Структурно-петрофизические обстановки формирования медно-порфиновых штокверков // Отечественная геология. – 2021. – № 6. – С. 3–44.
10. Звездов В. С., Минина О. В. Рудно-магматические системы вулканоплутонических поясов Востока России // Руды и металлы. – 2010. – № 1. – С. 48–59.
11. Китаев В. А. Отчёт о работе Горной поисково-разведочной партии масштаба 1 : 25 000 за 1966 г. – Анадырь, 1966.
12. Контарь Е. С. Геолого-промышленные типы месторождений меди, цинка, свинца на Урале (геологические условия размещения, история формирования, перспективы). – Екатеринбург : Издательство УГГУ, 2013. – 199 с.
13. Кривцов А. И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфиновых месторождений. – М. : Недра, 1983. – 256 с.
14. Кривцов А. И., Звездов В. С., Мигачев И. Ф., Минина О. В. Медно-порфиновые месторождения. Серия: Модели месторождений благородных и цветных металлов. – М. : ЦНИГРИ, 2001. – 232 с.
15. Лебедев В. В., Варламова В. А., Зарипов Р. Г. [и др.] Отчёт о результатах работ по объекту: «Поисковые работы на медно-порфиновые и сопряженные руды на Убиенкинской и Серовской площадях (Чукотский АО)». Договор с ФГУП «ЦНИГРИ» № 2/2010-1/45 в рамках Государственного контракта № 2/2010. – Анадырь : ОАО «ГЕОРЕГИОН», 2012.
16. Методика крупномасштабного и локального прогноза месторождений цветных, благородных металлов и алмазов / Ваганов В. И., Волчков А. Г., Константинов М. М. [и др.]. – М. : ЦНИГРИ, 1989. – 274 с.
17. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Выпуски «Золото и серебро», «Металлы платиновой группы», «Никель и кобальт», «Медь», «Свинец и цинк» / Кривцов А. И. (главный редактор), Мигачев И. Ф., Беневольский Б. И., Вартамян С. С. [и др.]. – М. : ЦНИГРИ, 2002.
18. Мигачев И. Ф., Гирфанов М. М., Шишаков В. Б. Медно-порфиговое месторождение Песчанка // Руды и металлы. – 1995. – № 5. – С. 48–58.
19. Мигачев И. Ф., Звездов В. С., Арифюлов Ч. Х. [и др.] Отчёт о результатах работ по объекту: «Оценка ресурсного потенциала медно-порфиновых и сопряженных руд Северо-Востока России (Чукотский АО, Магаданская область)». Государственный контракт № 2/2010. – М. : ФГУП ЦНИГРИ, 2013.
20. Мигачев И. Ф., Минина О. В., Звездов В. С. Мезокайнозойские вулканоплутонические пояса – новая перспективная провинция Юго-Западной Чукотки // Отечественная геология. – 2014. – № 6. – С. 12–23.
21. Невретдинов Э. Б., Кузьминский Н. Н. [и др.] Окончательный отчёт о геологической съёмке масштаба 1 : 50 000 и поисках месторождений полезных ископаемых в бассейне р. Убиенки на территории листов Q-59-77-Г, 78-ВГ, 89-А, 90-АБ. – Анадырь : Анадырская КГРЭ, 1976.
22. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых // Под ред. Кривцова А. И., Беневольского Б. И.,

- Аксенова Е. М., Блинова Е. В. [и др.]. – М. : ЦНИГРИ, 2010. – 95 с.
23. *Справочник по поискам и разведке месторождений цветных металлов* / Кривцов А. И., Самонов И. З., Филатов Е. И. [и др.]. – М. : Недра, 1985. – 324 с.
 24. *Филатова Н. И.* Периокеанические вулканогенные пояса. – М. : Недра, 1988. – 264 с.
 25. *Читалин А. Ф., Николаев Ю. Н., Бакшеев И. А.* [и др.] Порфирово-эпитермальные системы Баймской рудной зоны, Западная Чукотка // Смирновский сборник-2016. Проблемы минералогии, экономической геологии и минеральных ресурсов : Научно-литературный альманах. – М. : Фонд им. академика В. И. Смирнова, 2016. – С. 82–114.
 26. *Шаргородский Б. М., Новиков И. М.* [и др.] Оценочные работы на Михеевском месторождении медно-порфириновых руд. – Челябинск : ЗАО «Михеевский ГОК», 2005.
 27. *Cook D. R., Hollings P., Walshe J. L.* Giant porphyry deposits: characteristics, distribution and tectonic controls // *Economic Geology*. – 2005. – V. 100, № 5. – P. 801–818.
 28. *Gow P. A., Walshe J. L.* The role of preexisting geologic architecture in the formation of giant porphyry-related Cu ± Au deposits: examples from New Guinea and Chile // *Economic Geology*. – 2005. – V. 100. – P. 819–833.
 29. *Hollister V. F.* Geology of the porphyry copper deposits in the Western hemisphere. – New York, 1978. – 219 p.
 30. *Lowell J. D., Guilbert J. M.* Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry copper deposits // *Economic Geology*. – 1970. – V. 65. – P. 373–409.
 31. *Richards J. P.* Tectono-magmatic precursors for porphyry Cu-(Mo-Au) deposit formation // *Economic Geology*. – 2003. – V. 98. – P. 1515–1533.
 32. *Sillitoe R. H.* Porphyry Copper Systems // *Economic Geology*. – 2010. – V. 105. – P. 3–41.

REFERENCES

1. *Andreyev A. V., Avilova O. V., Vasyukov V. V., Zvezdov V. S., Minina O. V., Stolyarenko V. V., Chernov Ye. Ye.* Medno-porfirovyye proyavleniya Yugo-Zapadnoy Chukotki i perspektivy obnaruzheniya promyshlennykh ob'ektov [Copper-porphyry manifestations of Southwestern Chukotka and prospects for discovering industrial objects], *Otechestvennaya geologiya*, 2014, No. 6, pp. 32–47. (In Russ.)
2. *Andreyev A. V., Volchkov A. G., Avilova O. V.* [et al.] Otchet po obyektu “Veshchestvennyy sostav i zonalnost mednoporfirovogo orudneniya Olkhovskoy ploshchadi Murgalskoy metallogenicheskoy zony”. Dogovor No. 001d s OAO “GEOREGION” [Report on the project “Material composition and zoning of porphyry copper mineralization of the Olkhovskaya area of the Murgal metallogenic zone”. Agreement No. 001d with JSC GEOREGION], Moscow, FGUP TSNIGRI publ., 2012. (In Russ.)
3. *Aslamov Yu. V., Altman V. L.* Otchet o rezultatakh rabot po obyektu “Kompleksnaya interpretatsiya geofizicheskikh dannyykh po Ubienkinskoy i Serovskoy ploshchadyam s tselyu vydeleniya ploshchadey, perspektivnykh dlya obnaruzheniya mednoporfirovyykh i sopryazhennykh rud”. Dogovor No. 50/2010 s FGUGP “GEOREGION” v ramkakh Gosudarstvennogo kontrakta No. 2/2010 [Report on the results of work on the project “Comprehensive interpretation of geophysical data for the Ubienkinskaya and Serovskaya areas in order to identify areas promising for the discovery of porphyry copper and related ores.” Agreement No. 50/2010 with FGUGP “GEOREGION” under State Contract No. 2/2010], St. Petersburg, ZAO NPP VIRG-RUDGEOFIZIKA publ., 2011. (In Russ.)
4. *Bochkarev A. S., Shabalin V. P.* [et al.] Otchet o gruppovoy geologicheskoy syomke, geologicheskom doizuchenii ploshchadi masshtaba 1, 50 000 i poiskakh mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh na territorii listov Q-59-76-A, B, V, G; 77- A, B, V, G; 78- A, B; 87-G; 88- A, B, V, G; 89- A, B; 99- A, B, v bassejne verkhnego techeniya r. Anadyr. Verkhne-Anadyrskiy gruppovoy otryad (1976-1980 gg.) [Report on the group geological survey, additional geological study of an area at a scale of 1:50,000 and prospecting for mineral deposits on the territory of sheets Q-59-76-A, B, C, G; 77- A, B, C, G; 78- A, B; 87-G; 88- A, B, C, G; 89- A, B; 99- A, B, in the upper reaches of the Anadyr River basin. Upper Anadyr Group Detachment (1976-1980)], Anadyr, 1980. (In Russ.)
5. *Vasyukov V. V., Andreyev A. V., Avilova O. V.* Geologo-geokhimicheskiye kriterii prognozirovaniya mednoporfirovyykh i sopryazhennykh rud v Penzhinsko-Anadyrskoy metallogenicheskoy zone, Chukotskiy AO [Geological and geochemical criteria for forecasting copper-porphyry and related ores in the Penzhina-Anadyr metallogenic zone, Chukotka Autonomous Okrug], *Otechestvennaya geologiya*, 2016, No. 1, pp. 62–71. (In Russ.)

6. *Grabezhev A. I., Belgorodskiy Ye. A.* Produktivnyye granitoidy i metasomatity medno-porfirovykh mestorozhdeniy (na primere Urala) [Productive granitoids and metasomatites of copper-porphyry deposits (using the Urals as an example)], Yekaterinburg, UrO RAN publ., 1992, 199 p. (In Russ.)
7. *Grigoryan S. V., Solovov A. P., Kuzin M. F.* Instruktziya po geokhimicheskim metodam poiskov rudnykh mestorozhdeniy [Instructions on geochemical methods for prospecting for ore deposits], Moscow, Nedra publ., 1983, 191 p. (In Russ.)
8. *Zvezdov V. S.* Obstanovki formirovaniya krupnykh i sverkhkrupnykh medno-porfirovykh mestorozhdeniy [Formation environments of large and super-large copper-porphyry deposits], *Otechestvennaya geologiya*, 2019, No. 5, pp. 16–35. (In Russ.)
9. *Zvezdov V. S.* Strukturno-petrofizicheskiye obstanovki formirovaniya medno-porfirovykh shtokverkov [Structural and petrophysical settings for the formation of copper-porphyry stockworks], *Otechestvennaya geologiya*, 2021, No. 6, pp. 3–44. (In Russ.)
10. *Zvezdov V. S., Minina O. V.* Rudno-magmatischekiye sistemy vulkanoplutonicheskikh poyasov Vostoka Rossii [Ore-magmatic systems of volcanoplutonic belts of the East of Russia], *Rudy i metally*, 2010, No. 1, pp. 48–59. (In Russ.)
11. *Kitayev V. A.* Otchot o rabote Gornoy poiskovo-razvedochnoy partii masshtaba 1, 25 000 za 1966 g [Report on the work of the Mining Exploration Party of scale 1, 25,000 for 1966], Anadyr, 1966. (In Russ.)
12. *Kontar Ye. S.* Geologo-promyshlennyye tipy mestorozhdeniy medi, tsinka, svintsa na Urale (geologicheskiye usloviya razmeshcheniya, istoriya formirovaniya, perspektivy) [Geological and industrial types of copper, zinc, and lead deposits in the Urals (geological conditions of location, history of formation, prospects)], Yekaterinburg, Izdatelstvo UGGU publ., 2013, 199 p. (In Russ.)
13. *Krivtsov A. I.* Geologicheskiye osnovy prognozirovaniya i poiskov medno-porfirovykh mestorozhdeniy [Geological foundations of forecasting and prospecting for copper-porphyry deposits], Moscow, Nedra publ., 1983, 256 p. (In Russ.)
14. *Krivtsov A. I., Zvezdov V. S., Migachev I. F., Minina O. V.* Mednoporfirovyye mestorozhdeniya. Seriya: Modeli mestorozhdeniy blagorodnykh i tsvetnykh metallov [Copper porphyry deposits. Series: Models of deposits of noble and non-ferrous metals], Moscow, TSNIIGRI publ., 2001, 232 p. (In Russ.)
15. *Lebedev V. V., Varlamova V. A., Zaripov R. G.* [et al.] Otchot o rezultatakh rabot po obyektu: “Poiskovyeye raboty na mednoporfirovyye i sopryazhennyye rudy na Ubiyenskoy i Serovskoy ploschadyakh (Chukotskiy AO)”. Dogovor s FGUP “TSNIIGRI” No. 2/2010-1/45 v ramkakh Gosudarstvennogo kontrakta No. 2/2010 [Report on the results of work on the project: “Prospecting for copper porphyry and associated ores in the Ubiyenskaya and Serovskaya areas (Chukotka Autonomous Okrug)”. Agreement with FSUE TsNIIGRI No. 2/2010-1/45 within the framework of State Contract No. 2/2010], Anadyr, OAO “GEOREGION” publ., 2012. (In Russ.)
16. *Metodika* krupnomasshtabnogo i lokalnogo prognoza mestorozhdeniy tsvetnykh, blagorodnykh metallov i almazov [Methodology for large-scale and local forecasting of deposits of non-ferrous, precious metals and diamonds], Vaganov V. I., Volchkov A. G., Konstantinov M. M. [et al.], Moscow, TSNIIGRI publ., 1989, 274 p. (In Russ.)
17. *Metodicheskoye* rukovodstvo po otsenke prognoznykh resursov almazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov”. Vypuski “Zoloto i srebro”, “Metally platinovoy gruppy”, “Nikel i kobalt”, “Med”, “Svinets i tsink” [Methodological Guide for Assessing the Projected Resources of Diamonds, Precious and Non-Ferrous Metals. Issues: Gold and Silver, Platinum Group Metals, Nickel and Cobalt, Copper, Lead and Zinc], Krivtsov A. I. (glavnyy redaktor), Migachev I. F., Benevolskiy B. I., Vartanyan S. S. [et al.], Moscow, TSNIIGRI publ., 2002. (In Russ.)
18. *Migachev I. F., Girfanov M. M., Shishakov V. B.* Medno-porfirovyye mestorozhdeniya Peschanka [Copper-porphyry deposit Peschanka], *Rudy i metally*, 1995, No. 5, pp. 48–58. (In Russ.)
19. *Migachev I. F., Zvezdov V. S., Arifulov Ch. Kh.* [et al.] Otchot o rezultatakh rabot po obyektu: “Otsenka resursnogo potentsiala mednoporfirovyykh i sopryazhennykh rud Severo-Vostoka Rossii (Chukotskiy AO, Magadanskaya oblast)”. Gosudarstvennyy kontrakt No. 2/2010 [Report on the results of work on the project: “Assessment of the resource potential of porphyry copper and related ores in the North-East of Russia (Chukotka Autonomous Okrug, Magadan Region)”. State contract No. 2/2010], Moscow, FGUP TSNIIGRI publ., 2013. (In Russ.)
20. *Migachev I. F., Minina O. V., Zvezdov V. S.* Mezo-kaynozoykiye vulkano-plutonicheskiye poyasa – novaya perspektivnaya provintsiya Yugo-Zapadnoy Chukotki [Mesozoic-Cenozoic volcano-plutonic belts – a new promising province of Southwestern Chukotka], *Otechestvennaya geologiya*, 2014, No. 6, pp. 12–23. (In Russ.)
21. *Nevretdinov E. B., Kuzminskiy N. N.* [et al.] Okonchatelnyy otchot o geologicheskoy syomke masshtaba 1, 50 000 i poiskakh mestorozhdeniy poleznykh iskopyemykh v bassejne r. Ubiyenki na territorii listov Q-59-77-G, 78-VG, 89-A, 90-AB [Final report on the geological survey of a scale of 1:50,000 and the search for mineral deposits in the Ubiyenka River basin on the territory of sheets Q-59-77-G, 78-VG, 89-A, 90-AB], Anadyr, Anadyrskaya KGRE publ., 1976. (In Russ.)

22. *Printsipy, metody i poryadok otsenki prognozykh resursov tverdykh poleznykh iskopayemykh* [Principles, methods and procedure for assessing the predicted resources of solid minerals], ed. Krivtsov A. I., Benevolskiy B. I., Aksenov Ye. M., Blinova Ye. V. [et al.], Moscow, TSNIGRI publ., 2010, 95 p. (In Russ.)
23. *Spravochnik po poiskam i razvedke mestorozhdeniy tsvetnykh metallov* [Handbook of prospecting and exploration of non-ferrous metal deposits], Krivtsov A. I., Samonov I. Z., Filatov Ye. I. [et al.], Moscow, Nedra publ., 1985, 324 p. (In Russ.)
24. *Filatova N. I. Periokeanicheskiye vulkanogennyye poyasa* [Perioceanic volcanic belts], Moscow, Nedra publ., 1988, 264 p.
25. *Chitalin A. F., Nikolayev Yu. N., Baksheyev I. A.* [et al.] Porfirovo-epitermalnyye sistemy Baimskoy rudnoy zony, Zapadnaya Chukotka [Porphyry-epithermal systems of the Baimskaya ore zone, Western Chukotka, Moscow, Fond im. akademika V. I. Smirnova publ., 2016, pp. 82–114. (In Russ.)
26. *Shargorodskiy B. M., Novikov I. M.* [et al.] Otsenochnyye raboty na Mikheyevskom mestorozhdenii medno-porfirovykh rud [Evaluation work at the Mikheevsky copper-porphyry ore deposit], Chelyabinsk, ZAO "Mikheyevskiy GOK" publ., 2005. (In Russ.)
27. *Cook D. R., Hollings P., Walshe J. L.* Giant porphyry deposits: characteristics, distribution and tectonic controls, *Economic Geology*, 2005, V. 100, No. 5, pp. 801–818.
28. *Gow P. A., Walshe J. L.* The role of preexisting geologic architecture in the formation of giant porphyry-related Cu ± Au deposits: examples from New Guinea and Chile, *Economic Geology*, 2005, V. 100, pp. 819–833.
29. *Hollister V. F.* Geology of the porphyry copper deposits in the Western hemisphere, New York, 1978, 219 p.
30. *Lowell J. D., Guilbert J. M.* Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry copper deposits, *Economic Geology*, 1970, V. 65, pp. 373–409.
31. *Richards J. P.* Tectono-magmatic precursors for porphyry Cu-(Mo-Au) deposit formation, *Economic Geology*, 2003, V. 98, pp. 1515–1533.
32. *Sillitoe R. H.* Porphyry Copper Systems, *Economic Geology*, 2010, V. 105, pp. 3–41.

Статья поступила в редакцию 11.12.25; одобрена после рецензирования 22.12.25; принята к публикации 22.12.25.
The article was submitted 11.12.25; approved after reviewing 22.12.25; accepted for publication 22.12.25