

ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО И ЗОЛОТО-ПОЛИСУЛЬФИДНОГО ОРУДЕНЕНИЯ СОБОЛИНОЙ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ, СИХОТЭ-АЛИНЬ

О.В.Авилова,
А.В.Андреев,
М.М.Гирфанов,
С.Г.Кряжев,
И.А.Старостин

ФГУП Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт цветных
и благородных металлов,
г. Москва

На Соболиной перспективной площади (в рудном узле) Сихотэ-Алиня с известным медно-порфировым рудопроявлением Лазурное и серией проявлений Си, Мо, Ау выявлено оруденение (молибден)-медно-порфирового и (золото-молибден)-пирит-полисульфидно-кварцевого рудно-формационных типов в связи с пространственно совмещёнными в пределах узла разновозрастными плутоническими формациями. Для оруденения установлен характер проявления комплекса соответствующих прогнозно-поисковых критериев и признаков, адаптированы типовые разноранговые геолого-поисковые модели. Составленные модели предназначены для предварительной оценки известных и вновь открываемых рудопроявлений различных типов и определения направлений геологоразведочных работ в пределах Соболиной площади и смежных территорий.

Ключевые слова: медно-порфировое, золото-полисульфидное, молибденовое, оруденение, Сихотэ-Алинь, геолого-поисковая модель, берёзовско-аратский комплекс, синанчинский комплекс.

В условиях начавшегося на территории России промышленного освоения месторождений медно-порфирового типа возрастает практическое значение предварительной оценки перспективных участков и рудопроявлений на основе стандартизированных подходов, в первую очередь, адаптации типовых геолого-поисковых моделей объектов медно-порфирового рудно-формационного типа к конкретным геологическим обстановкам размещения прогнозируемых месторождений [8]. Такой подход позволяет систематизировать и интерпретировать часто неполную и разнородную информацию по объектам, повысить объективность предварительной оценки их перспектив, эффективность поисковых и оценочных работ.

В статье рассматривается опыт разработки геолого-поисковых моделей для комплексного (Си, Ау, Мо) оруденения Соболиной перспективной площади Сихотэ-Алиня, в пределах которой находится неоднократно изучавшееся рудопроявление Лазурное – один из первых объектов Дальнего Востока, отнесённых к медно-порфировому типу [2, 7, 11, 14, 15 и др.]. Обобщаются и интерпретируются данные предшествующих исследований, а также результаты ревизионных поисковых работ на Соболиной площади за счёт средств федерального бюджета, проведённых ОАО «Приморгеология» при участии авторов в 2012–2014 гг.

Соболиная площадь расположена в пределах южного звена Восточно-Сихотэ-Алинского

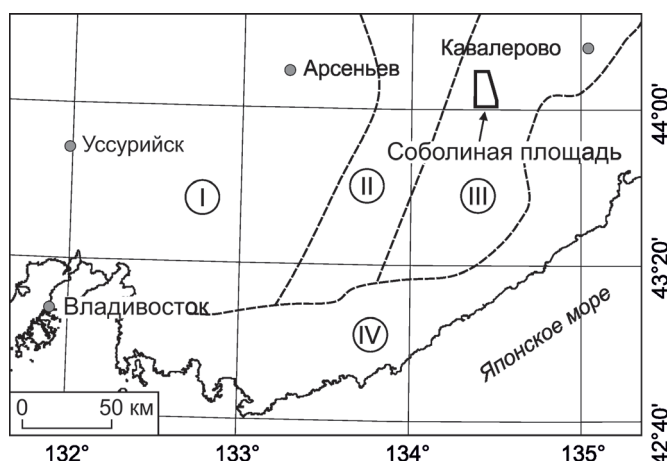


Рис. 1. Позиция Соболиной площади на схеме металлогенического (структурно-формационного) районирования Приморья:

металлогенические зоны: I – Ханкайская (Ханкайский древний массив), II – Самаркинская (складчатая зона триас-юрского возраста), III – Сихотэ-Алинская (складчатая зона раннемелового возраста), IV – Прибрежная (вулканический пояс поздне-мелового – палеогенового возраста)

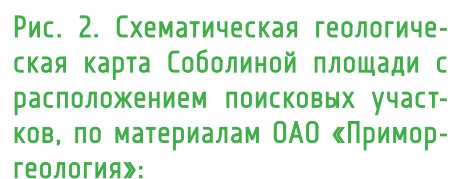
вулcano-плутонического пояса (рис. 1) и может рассматриваться в качестве рудного (рудно-россыпного) узла. Поисковые участки площади группируются в два потенциальных рудных поля с комплексным золото-молибден-медным оруденением – Лазурное (участки Лазурный, Средний, Восточный) и Диоритовое (участки Диоритовый, Парубский, Кабаний) (рис. 2). На поисковых участках выделена и предварительно оконтурена серия минерализованных зон и потенциально промышленных рудных тел. Основные перспективные объекты площади отнесены к (молибден)-медно-порфировому геолого-промышленному типу (ГПТ), что позволяет применить детально разработанную геолого-поисковую модель объектов этого типа [6 и др.] для оценки рудопроявлений Соболиной площади. Необходимая адаптация типовой геолого-поисковой модели к региональной геологической обстановке и условиям поисков выполнена нами с учётом выявленных горно-буровыми работами особенностей геологического строения площади, вещественного состава и зональности развитых в её пределах магматических образований, метасоматических изменений, рудной минерализации, а также данных геофизических и геохимических исследований.

В соответствии со сложившимся подходом [5] геолого-поисковая модель представлена в табличной форме (табл. 1) как разноранговая система для характеристики основных прогнозно-металлогенических таксонов, выделяемых в рамках локального прогноза (рудный узел – рудное поле – поисковый участок) [10]. В качестве

основных элементов модели выступают поисковые критерии и признаки, сгруппированные в последовательный ряд: формационные, структурные, петрографические, метасоматические, минералогические, геохимические и геофизические. Для объектов прогноза в ранге потенциальных рудных полей и месторождений определяется перечень предварительно установленных минералого-геохимических типов руд, приводятся сведения об ожидаемой морфологии прогнозируемых рудных тел.

Интерпретация имеющихся материалов позволяет предположить, что на Соболиной площади проявлены два этапа оруденения в связи со становлением двух разновременных интрузивных комплексов – умереннощелочного и нормального рядов. В первый этап формировались проявления (молибден)-медно-порфирового ГПТ, во второй – кварц-молибденитового жильного и (золото)-полисульфидного жильно-прожилково-вкрапленного оруденения. Две последние разновидности отнесены к (золото-молибденит)-пирит-полисульфидно-кварцевому жильно-прожилково-вкрапленному рудно-формационному типу, отвечающему золото-полисульфидному ГПТ. Данное предположение легло в основу разноранговой геолого-поисковой модели для Соболиной площади, основные элементы которой рассмотрены ниже.

Формационные критерии и признаки. Рудоносные и рудовмещающие магматические образования на Соболиной площади представлены исключительно интрузивными телами плутонических формаций – габбро-монцодиоритовой



1 – четвертичные аллювиальные образования; нижнемеловые терригенные отложения, свиты: 2 – светловодненская (K_1sv), 3 – дивнинская (K_1dv), 4 – каталевская (K_1kt), 5 – приманкинская (K_1pm), 6 – усть-колумбинская (K_1ukl), 7 – ключевская (K_1kl); интрузивные образования: 8 – синанчинского комплекса (K_2s) диорит-гранодиоритовой формации, продуктивного на золото-полисульфидное и молибденовое оруденение (габбро, габбродиориты, диориты, кварцевые диориты, гранодиориты, граниты), 9 – берёзовско-араратского комплекса (K_1b) габбро-монцодиоритовой формации, продуктивного на медно-порфировое оруденение (монцогаббро, монцогаббродиориты, монцодиориты, кварцевые монцодиориты), 10 – дайковые тела пёстрого состава; 11 – поисковые участки (1 – Парубский, 2 – Кабаний, 3 – Диоритовый, 4 – Средний, 5 – Лазурный, 6 – Восточный)

Интрузивные образования отнесены к двум интрузивным комплексам, различающимся по

геологической позиции, составу и времени формирования. Ранний комплекс, сложенный породами габбро-монцодиоритовой формации (K_1), сформирован в возрастном интервале 110–102 млн лет [12] и соответствует берёзовско-араратскому интрузивному комплексу, традиционно выделяемому на прилегающих территориях. Эти породы относятся к умереннощелочному ряду повышенной калиевой щёлочности. Отношение K_2O/Na_2O варьирует от 0,84 до 1,26. Интрузивные тела образуют относительно крупные

1. Прогнозно-поисковая модель Соболиного рудного узла,

Элементы модели	Рудный узел	Рудное поле
1	2	3
1. Формационные 1.1. Рудоносные (рудовмещающие) плутонические формации: продуктивные на оруденение медно-порфирового рудно-формационного типа продуктивные на оруденение пирит-полисульфидно-кварцевого типа 1.2. Рудовмещающие формации субстрата 1.3. Перекрывающие (прорывающие) формации	Габбро-монцодиоритовая (берёзовско-араратский комплекс K ₁)	
	Диорит-гранодиоритовая (синанчинский комплекс K ₂)	
	Флишоидная (K ₁)	
	Долеритовая (KZ?)	
2. Структурные	Зона глубинного разлома (Центральный разлом) на фланге регионального палеоподнятия, контролирующая ареалы распространения штокообразных интрузивных массивов	Сочетание линейных и дуговых разрывных структур, контролирующих сближенные штокообразные интрузивы габбро-монцодиоритовой и диорит-гранодиоритовой формаций
3. Петрографические (фазы внедрения интрузивных комплексов рудоносных плутонических формаций) 3.1. Порфировые фазы интрузивных комплексов: продуктивных на медно-порфировое оруденение продуктивных на пирит-полисульфидно-кварцевое оруденение 3.2. Главные фазы внедрения интрузивных комплексов: продуктивных на медно-порфировое оруденение продуктивных на пирит-полисульфидно-кварцевое оруденение 3.3. Дайковый комплекс (пострудные фазы)	Кварцевые монцодиорит-порфиры	
	Гранодиорит-порфиры	
	Габбро (ранний подкомплекс), монцодиориты (поздний подкомплекс)	
	Кварцевые диориты	
	Диоритовые порфиры, долериты	
4. Метасоматические	Ареалы гидротермальных изменений (скарнирование, окварцевание, биотитизация, актинолитизация, калишпатизация, серицитизация, пропилитизация)	Телескопированные метасоматические ореолы кварц-калишпат-актинолит-биотитовых и кварц-серицит-эпидот-хлоритовых изменений на фоне ареала ороговикования и слабых гидротермальных изменений
5. Минералогические	Проявления вкрапленной и прожилково-вкрапленной магнетитовой и сульфидной (медной и молибденовой) минерализации; жиль-	

Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений

рудных полей и поисковых участков в его составе

Поисковый участок	
(Молибден)-медно-порфировый рудно-формационный тип (Лазурный, Диоритовый)	(Золото-молибденит)-пирит-полисульфидно-кварцевый жильно-прожилково-вкрапленный рудно-формационный тип (Восточный, Средний, Парубский, Кабаний)
4	5
Габбро-монцодиоритовая (берёзовско-араратский комплекс K ₁)	Отсутствует
Диорит-гранодиоритовая (синанчинский комплекс K ₂)	
Флишоидная (K ₁)	
Долеритовая (KZ?)	
Эндо-экзоконтактовая часть штокообразного интрузива габбро-монцодиоритовой формации	Эндо-экзоконтактовая часть штокообразного интрузива диорит-гранодиоритовой формации
Зоны опережающих тектонических нарушений и трещиноватости	
Кварцевые монцодиорит-порфиры	Отсутствуют
Гранодиорит-порфиры	
Габбро (ранний подкомплекс), монцодиориты (поздний подкомплекс)	Отсутствуют
Кварцевые диориты	
Диоритовые порфиры, долериты	
Зонально построенный метасоматический ореол с сочетанием генерализованных зон: кремнещелочной (Kfsp, Bt, Qz, Act, Chl, ep), внутренней пропилитовой (Bt, Act, Chl, Ep, qz, ser), филлизитовой (Ser, Hser, Chl, Qz, ca, kaol, act), внешней пропилитовой (Chl, Ep, Ab, kfsp, ser, qz, ca, act) и слабых изменений на периферии. Локально проявленные зоны жильно-прожилкового окварцевания	Зонально построенный метасоматический ореол с сочетанием генерализованных зон: кремнещелочной (Ab, Bt, Qz, Act, Chl, ep), внутренней пропилитовой (Bi, Act, Chl, Ep, ab, qz, ser), филлизитовой (Ser, Hser, Chl, Qz, ca, kaol, act), внешней пропилитовой (Chl, Ep, Ab, ser, qz, ca, act) и слабых изменений на периферии. На контактах линз известняков могут присутствовать известковые скарны
Проявления первичной и окисленной прожилково-вкрапленной медной и молибденовой минерализа-	Проявления жильно-прожилковой молибденит-пирит-кварцевой, (золото)-полисульфидно-кварцевой и

1	2	3
	ные золото-полисульфидно-кварцевые рудопроявления; магнетитовые рудопроявления в известковых скарнах; окисленная минерализация (ожелезнение, медная зелень и т.п.); россыпи и шлиховые потоки золота	
6. Геохимические	Серия вторичных ореолов рассеяния (БОР) элементов-индикаторов (Cu, Mo, Au, Ag, Pb, Zn, W, As)	Группа сближенных комплексных первичных (по данным горных выработок) и БОР элементов-индикаторов (Cu, Mo, Au, Ag, Pb, Zn)
7. Геофизические	Градиентные зоны аномального магнитного поля (ΔT), оконтуривающие рудоносные штоки габбро-монцодиоритовой формации	Отрицательные магнитные аномалии (ΔT) на фоне повышенных значений окружающего геомагнитного поля, маркирующие области развития метасоматических изменений. Аномалии ВП, фиксирующие рудные тела (интенсивность $\eta < 3\%$) и «пиритовые ореолы» на флангах и периферии рудных тел (интенсивность $\eta = 3-8\%$)
8. Характеристика руд Минеральный состав		
Рудные минеральные ассоциации		
Минералого-геохимические типы		
Изотопно-геохимическая характеристика сульфидных минералов		
Морфология рудных тел		

4	5
ции в областях сопряжения кремнещелочной и внутренней пропилитовой метасоматических зон. Прожилково-вкрапленная пирротин-пиритовая минерализация («пиритовые ореолы») в пределах внешней пропилитовой зоны. Россыпи и шлиховые потоки золота	(золото)-пиритовой минерализации, приуроченные к областям сопряжения кремнещелочной и филлизитовой метасоматических зон. Тела жильно-прожилковых золото-полисульфидно-кварцевых руд в осевых частях филлизитовой зоны. «Пиритовые ореолы» в пределах внешней пропилитовой зоны. Шлиры и линзы магнетита в скарнах. Россыпи и шлиховые потоки золота
Контур ВОР Cu по изоконцентрате 0,03% (~1,2 км ²) отвечает границе минерализованной зоны, включающей потенциально промышленные рудные тела	Слабоконтрастные ВОР элементов-индикаторов (Cu, Mo, Au, Ag, Pb, Zn)
Отрицательные магнитные аномалии (ΔT) на фоне повышенных значений окружающего геомагнитного поля, маркирующие области развития метасоматических изменений. Аномалии ВП, фиксирующие рудные тела (интенсивность $\eta < 3\%$) и «пиритовые ореолы» на флангах и периферии рудных тел (интенсивность $\eta = 3-8\%$)	
Рудные минералы главные – халькопирит, пирит, магнетит, пирротин; второстепенные – молибденит, борнит; редкие – галенит, сфалерит, арсенопирит; гипергенные – халькозин, куприт, лимонит; жильные – кварц, калишпат, хлорит, эпидот	Рудные минералы главные – пирит; второстепенные – молибденит, халькопирит, арсенопирит; редкие – галенит, сфалерит, пирротин, золото; гипергенные – лимонит; жильные – кварц, карбонаты. В скарнах – массивные магнетитовые руды с пиритом, халькопиритом, молибденитом, шеелитом
Магнетит-халькопиритовая, пирит-халькопиритовая, пирит-пирротин-халькопиритовая, пирротин-пиритовая	Молибденит-пирит-кварцевая, пиритовая (золотоносная), полисульфидная (золотоносная), пирит-пирротиновая, магнетитовая скарновая
Магнетит-халькопиритовый, пирит-халькопиритовый, пирит-пирротин-халькопиритовый, пирротин-пиритовый	Пиритовый золотоносный, полисульфидный (золотоносный), кварц-пирит-молибденитовый, магнетитовый (молибден-вольфрамовый с золотом в скарнах)
$\delta^{34}\text{S}$ (-1,5±0,4‰)	$\delta^{34}\text{S}$ (+2,2±1‰)
Меденосная штокверковая минерализованная зона приурочена к эндоконтактам полифазного (габбро, монцодиориты) штока. В плане имеет форму разомкнутого овального кольца (2х1 км) при ширине 100–300 м; площадь ~1,2 км ² . Два потенциально промышленных рудных тела площадью 0,1–0,12 км ² в пределах минерализованной зоны оконтуриваются по данным опробования; обрамлены зонами убогой пирит-халькопиритовой прожилково-вкрапленной минерализации, сменяющейся в экзоконтакте штока пирротин-пиритовой минерализацией «пиритового ореола». На флангах штокверковых рудных тел присутствуют маломощные кварц-полисульфидные жилы	Зона распространения молибденит-пирит-кварцевой минерализации (не локализована). Золотоносные кварц-полисульфидные жилы образуют линейные кулисно построенные зоны шириной до нескольких десятков метров и протяжённостью первые сотни метров

1	2	3
9. Площадь металлогенического таксона, км ²	280	60

Примечание. Ab – альбит, Act – актинолит, Bt – биотит, Ca – кальцит, Chl – хлорит, Ep – эпидот, Gr – гранат, Hser – гидрослю прописные – второстепенные).

штоки, в плане близкой к изометрической формы, проявлены только на участках Диоритовый и Лазурный. В составе образований берёзовско-араратского комплекса в пределах Соболиной площади различаются две ассоциации плутонических пород – монцогаббро-монцогаббро-диоритовая и более поздняя монцодиорит-кварцевомонцодиоритовая, рассматриваемые как самостоятельные фазы внедрения единого интрузивного комплекса (рис. 3, а–в). Породы первой фазы представлены среднезернистыми биотит-клинопироксеновыми габбро (уч. Диоритовый) и биотит-клинопироксеновыми монцогаббро-диоритами (уч. Лазурный), породы второй – порфировидными роговообманковыми монцодиоритами, кварцевыми монцодиоритами, кварцевыми монцодиорит-порфиридами.

Поздний комплекс, сложенный породами диорит-гранодиоритовой формации (K_2), сформирован в интервале 95–80 млн лет и соответствует синанчинскому интрузивному комплексу [7]. Эта группа пород относится к нормальнощелочному ряду известково-щелочной серии. В породах содержания Na_2O преобладают над количеством K_2O . Отношение K_2O/Na_2O колеблется в широких пределах за счёт вторичных изменений, составляя обычно 0,5–0,73. Основная фаза комплекса – мелко-среднезернистые биотит-роговообманковые кварцевые диориты и гранодиориты (см. рис. 3, г) – наиболее проявлена на уч. Парубский, где формирует крупное пластинообразное тело, протягивающееся в субмеридиональном направлении более чем на 8 км при ширине ~1 км. Дайковые фазы комплекса, представленные биотит-роговообманковыми диорит-порфиридами, кварцевыми диорит-порфиридами, гранодиорит-порфирами, проявлены в той или иной степени на всех участках Соболиной площади: наиболее широко – на участках Восточный, Средний, Кабаний, Парубский, локально –

в северной части уч. Лазурный и на уч. Диоритовый.

Принципиальные различия химического состава пород двух интрузивных комплексов проиллюстрированы на диаграммах (рис. 4).

Структурные критерии и признаки. При выделении и оценке прогнозно-металлогенических таксонов различных рангов используются структурные критерии соответствующих масштабов. Так, позиция и строение Соболиного рудного узла определяются преимущественно структурными элементами регионального масштаба. Он локализован на южной периферии крупного орогенного поднятия и приурочен к зоне влияния Центрально-Сихотэ-Алинского глубинного разлома. Крупный плутон, сложенный главными фазами интрузивных комплексов, отсутствует. Узел выражен ареалом развития малых штокообразных интрузивов продуктивных плутонических формаций. Группы сближенных штоков контролируют позицию потенциальных рудных полей площади – Лазурного и Диоритового, а строение последних определяется взаиморасположением штоков различных рудоносных формаций, а также сочетанием оперяющих разрывных нарушений зоны глубинного разлома разных направлений.

Рудные объекты в пределах поисковых участков приурочены к эндоконтактовым (ближним экзоконтактовым) зонам интрузивных штоков, тяготеют к поясам даек порфировых фаз рудоносных комплексов, располагаются в участках оперяющих тектонических нарушений и зонах трещиноватости.

Петрографические критерии и признаки. Ведущим прогнозно-поисковым признаком этой группы применительно к оруденению медно-порфирового типа являются порфировые интрузивы, сложенные породами поздних фаз внедрения рудоносных интрузивных комплексов, имеющие порфировую структуру. Порфировые

4	5
4	1

да, Kaol – каолинит, Kfsp – К-полево шпат, Px – пироксен, Qz – кварц, Ser – серицит (заглавные буквы – главные минералы,

фазы рудоносных комплексов на Соболиной площади распространены относительно ограничено: известны маломощные дайки (поясдаек) кварцевых монцодиорит-порфириров габбро-монцодиоритовой и кварцевых диорит-порфириров и гранодиорит-порфириров диорит-гранодиоритовой формаций. Главные фазы внедрения слагают рудовмещающие штоки на поисковых участках, представлены соответственно мелко-среднезернистыми до порфировидных габбро и монцодиоритами габбро-монцодиоритовой формации, K₁ (штоки Лазурный, Диоритовый) и кварцевыми диоритами диорит-гранодиоритовой формации, K₂ (штоки Восточный, Кабаний и др.).

Метасоматические критерии и признаки. Этот элемент поисковой модели – один из основных при определении рудно-формационной принадлежности и перспективности минерализованных зон на ранних стадиях изучения. Используется также для локального прогноза позиции и морфологии рудных тел, оценки уровня эрозионного среза объектов, определения перспектив флангов и глубоких горизонтов месторождений. В качестве основы для интерпретации получаемых в ходе геологоразведочных работ минералогических данных нами использована формализованная модель состава и зональности рудно-метасоматических образований типовых медно-порфировых месторождений [1].

При поисковых работах в масштабе Соболиного рудного узла установлено, что потенциальные рудные поля с прогнозируемым промышленным оруденением медно-порфирового типа отвечают так называемым комплексным рудно-метасоматическим ореолам (табл. 2), образованным телескопированием калиево-пропилитовых (кварц-калишпат-актинолит-биотитовых) и филлизит-пропилитовых (кварц-серицит-эпидот-хлоритовых) изменений, сопро-

вождающих прожилково-вкрапленную (магнетит)-сульфидную минерализацию. Периферия рудных полей охвачена неравномерным ороговикованием терригенных пород, слабыми неравномерными гидротермальными изменениями и убогой сульфидной минерализацией.

В масштабе поисковых участков выделяются составные части комплексных рудно-метасоматических ореолов – генерализованные зоны, мощность которых (в горизонтальной проекции) многие десятки – первые сотни метров. Метасоматическая зональность потенциальных рудных полей Соболиного узла, включающих рудопроявления медно-порфирового типа, в том числе Лазурное, определяется сменой генерализованных зон: кремнещелочной, охватывающей основной объем рудоносного штока; внутренней пропилитовой в ближнем экзоконтакте штока; филлизитовой, редуцированно развитой вдоль серии стержневых зон; внешней пропилитовой, накладывающейся на ороговикованные терригенные породы и сменяющейся зоной слабых изменений на периферии. В пределах кремнещелочной зоны оконтуривается область распространения прожилкового окварцевания.

Позиция оруденения в зональном комплексном рудно-метасоматическом ореоле рудопроявления Лазурное соответствует закономерностям, выявленным для типовых объектов [1, 13 и др.], и рассмотрена ниже.

Минералогические критерии и признаки. Использование минералогических признаков на Соболиной площади затруднено из-за ландшафтных условий. Рудная минерализация наблюдается только в канавах и в керне скважин, что не позволяет с большой долей достоверности определить масштабы распространения тех или иных типов минерализации.

Горными выработками в пределах территории вскрыты проявления первичной и окисленной прожилково-вкрапленной медной (участки

2. Распространённость типов гидротермально-метасоматических изменений и типы руд,
выявленные на участках Соболиной площади

Участки	Типы гидротермально-метасоматических изменений				Типы руд		
	Кремне-щелочной	Пропилитовый	Филлизитовый	Скарновый	Главные	Второстепенные	Редкие
Лазурный	++++	+	++		Магнетит-халькопиритовый, пирротин-пиритовый	Пирит-пирротин-халькопиритовый, пиритовый (золотоносный), полисульфидный	
Диоритовый	++++	++	+		Пирит-халькопиритовый		
Средний	++++		+		Пирит-пирротиновый	Пирит-кальцитовый	
Парубский	++++	++	+	+	Пирит-пирротиновый	Пиритовый (золотоносный)	Магнетитовый вольфрам-молибденовых скарнов, полисульфидный
Кабаний	++	+++	++++		Пиритовый		
Восточный	++++		+++		Пирит-пирротиновый	Молибденит-пирит-кварцевый	

Примечание. Проявлены: ++++ очень широко, +++ широко, ++ слабо, локально, + очень слабо.

Лазурный, Диоритовый), жильно-прожилковой молибденит-пирит-кварцевой (уч. Восточный), вкрапленной молибденсодержащей золотоносной пиритовой (уч. Кабаний), прожилковой золотоносной полисульфидно-кварцевой (уч. Лазурный и др.) минерализации, а также повышенные содержания W, Bi, Sn в линзах магнетита в известковых скарнах. Во фланговых частях рудоносных минерализованных зон медно-порфирового типа развита прожилково-вкрапленная пирротин-пиритовая минерализация, отвечающая «пиритовому ореолу» типовых медно-порфировых месторождений.

К группе минералогических критериев и признаков также относятся золотоносные россыпи и шлиховые потоки золота, широко проявленные в пределах изучаемой территории. Очевидная пространственная связь россыпей с интрузивными штоками свидетельствует о том, что коренными источниками россыпей служили минерализованные зоны их экзо-эндоконтактов. Особенно тесно эта связь проявлена в пре-

делах интрузивных штоков уч. Лазурный, где предполагается нижнерудный эрозионный срез порфировой системы, и уч. Восточный. Менее отчетливо россыпи связаны с массивами участков Диоритовый и Парубский, где наиболее вероятен подрудный уровень эрозионного среза рудно-магматической системы. На уч. Средний россыпи отсутствуют, однако, учитывая схожесть поисковых участков, нельзя исключить надрудный эрозионный срез системы.

В целом можно заключить, что минералогические критерии и признаки, установленные на Соболиной площади, отвечают преимущественно типовым объектам медно-порфирового ГПТ, тогда как специфика таких критериев (золото)-пирит-полисульфидно-кварцевого типа проявлена главным образом широким распространением россыпной золотоносности.

Геохимические критерии и признаки. Геохимические критерии, определённые по результатам поисковых работ, прежде всего по вторичным ореолам рассеяния, позволяют в общих

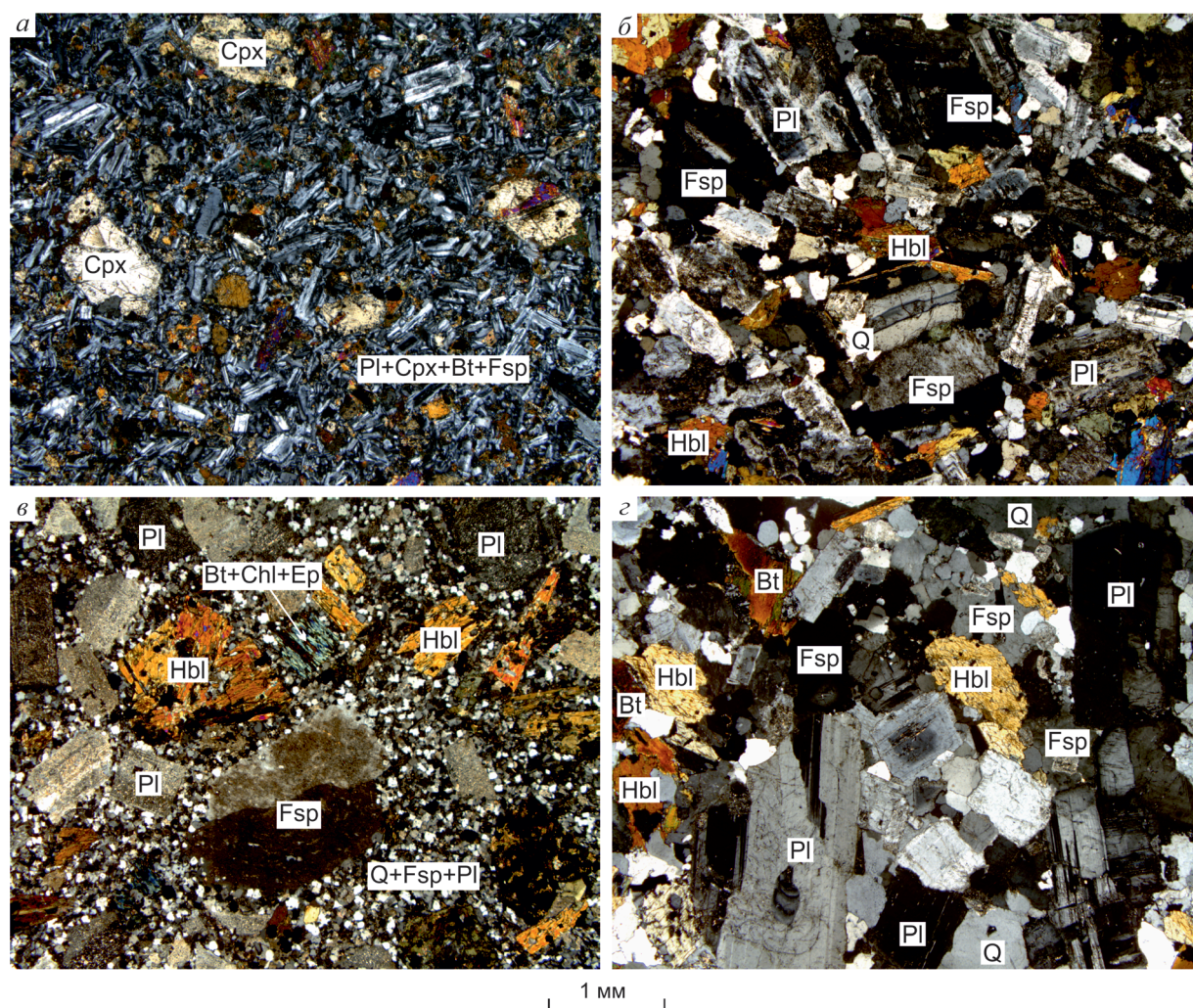


Рис. 3. Интрузивные породы Соболиной площади (проходящий свет николи +):

породы габбро-монцодиоритовой формации: а – биотит-клинопироксеновый монцогаббродиорит мелкозернистый (уч. Лазурный), б – роговообманковый кварцевый монцодиорит порфировидный (уч. Лазурный), в – роговообманковый кварцевый монцодиорит-порфирит (уч. Диоритовый); породы диорит-гранодиоритовой формации: г – биотит-роговообманковый гранодиорит мелко-среднезернистый порфировидный (уч. Парубский). Bt – биотит, Cpx – клинопироксен, Chl – хлорит, Ep – эпидот, Fsp – K-Na полевой шпат, Hbl – роговая обманка, Pl – плагиоклаз, Q – кварц

чертах наметить границы рудных полей и поисковых участков с месторождениями медно-порфирового геолого-промышленного типа [3, 9]. Использование геохимических критериев и признаков на Соболиной площади затруднено в связи с полной закрытостью (залесённостью) территории, мощным почвенным слоем и наличием кор выветривания. Вследствие этого на большинстве перспективных участков аномалии Cu, Mo и основных элементов-спутников (Au, Ag, Pb, Zn, W, As), маркирующие рудопро-

явления в ВОР, имеют крайне низкую контрастность (Cu – порядка 0,00n%, Mo – 0,000n%) (рис. 5). Лишь центры аномалий площадью не более 0,5 км² выражены содержаниями Cu >0,08%. Наиболее контрастные комплексные аномалии Cu и Au фиксируются в пределах участков Лазурный (по данным работ ООО «Шилка Минералс», минерализованная зона рудопро-явления площадью ~1,2 км² оконтуривается по содержанию в почвах Cu 0,03%) и Диоритовый, где минерализованные зоны с промышленны-

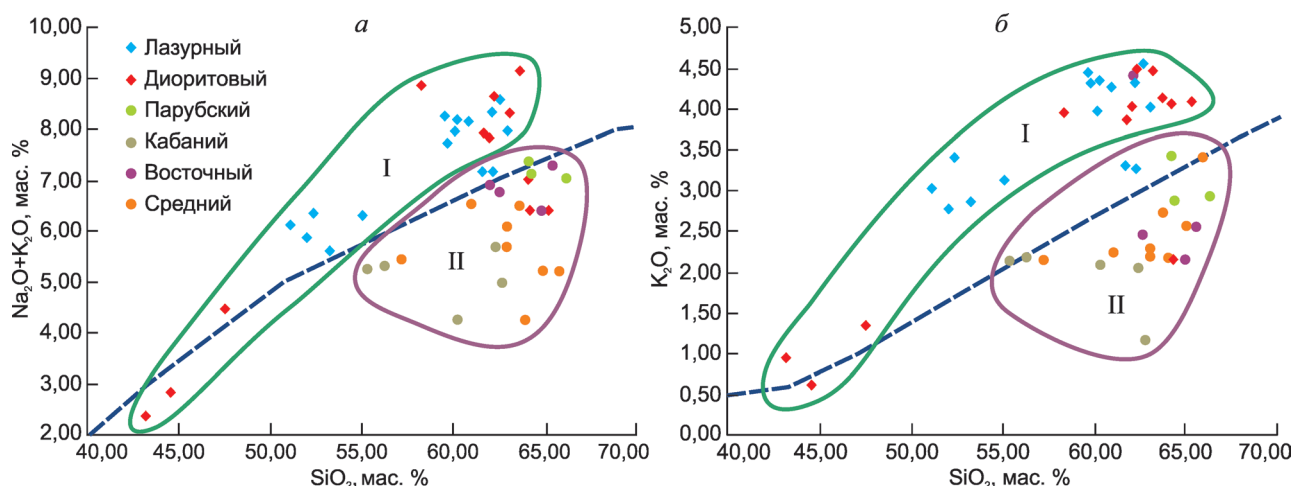


Рис. 4. Положение фигуративных точек химического состава интрузивных пород Соболиной площади на диаграммах TAS (а) и $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ (б):

I – породы монцитонитового ряда, продуктивные на медно-порфировое оруденение; II – породы нормального ряда, в том числе дайки неясной формационной принадлежности; синей линией обозначена граница пород нормальной и умеренной щёлочности

ми или близкими к ним содержаниями Si вскрываются поверхностными горными выработками на глубине от 1 до 5 м.

Геофизические критерии и признаки основаны на проявлении в разных геофизических полях различных геологических элементов поисковой модели медно-порфировых объектов – рудоконтролирующих разрывных нарушений, рудоносных интрузивных тел, зон метасоматитов, сульфидной минерализации и т.д. [8].

Для Соболиной площади имеются материалы по наземной магнитометрии и электроразведке предшествующих ГРП (рис. 6). По данным магнитометрии хорошо выделяются интрузивные массивы продуктивного габбро-монцодиоритового интрузивного комплекса участков Лазурный и Диоритовый, что обусловлено присутствием магнетита в метасоматитах кремнещелочного типа. Снижение интенсивности магнитного поля на периферии массивов связано, вероятно, с погружением их кровли, как для массива уч. Диоритовый, погружающегося в восточном направлении. Менее контрастно в магнитных полях выражены массивы диорит-гранодиоритовой формации (участки Парубский, Восточный). Контрастные отрицательные магнитные аномалии в приконтактных частях продуктивных массивов и периферических ча-

стях рудных полей отражают развитие здесь интенсивного окварцевания, сопровождаемого обильной пиритовой минерализацией. По градиентам магнитного поля в ряде случаев можно выделить и проследить протяжённые разрывные нарушения, в том числе рудоподводящие и рудовмещающие.

По данным электроразведочных работ выявлены аномалии кажущейся поляризуемости. Участки наиболее интенсивных значений этого параметра отражают зоны интенсивной пиритизации, что отчётливо наблюдается в пределах участков Средний, Кабаний, Парубский, Восточный, а также к востоку и северу от уч. Лазурный. Линейные аномалии поляризуемости северо-восточного простирания маркируют, по видимому, обогащённые пиритом зоны разрывных нарушений. Участки с установленной медно-порфировой минерализацией соответствуют областям минимальных значений поляризуемости. Слабоконтрастные аномалии поляризуемости со значениями $\eta=3-8\%$, приуроченные к контактам интрузивов и совпадающие в ряде случаев с повышенными концентрациями Si в ВОР, вероятно, маркируют зоны медной минерализации в пределах осадочной рамы, практически лишённые магнетитовой минерализации.

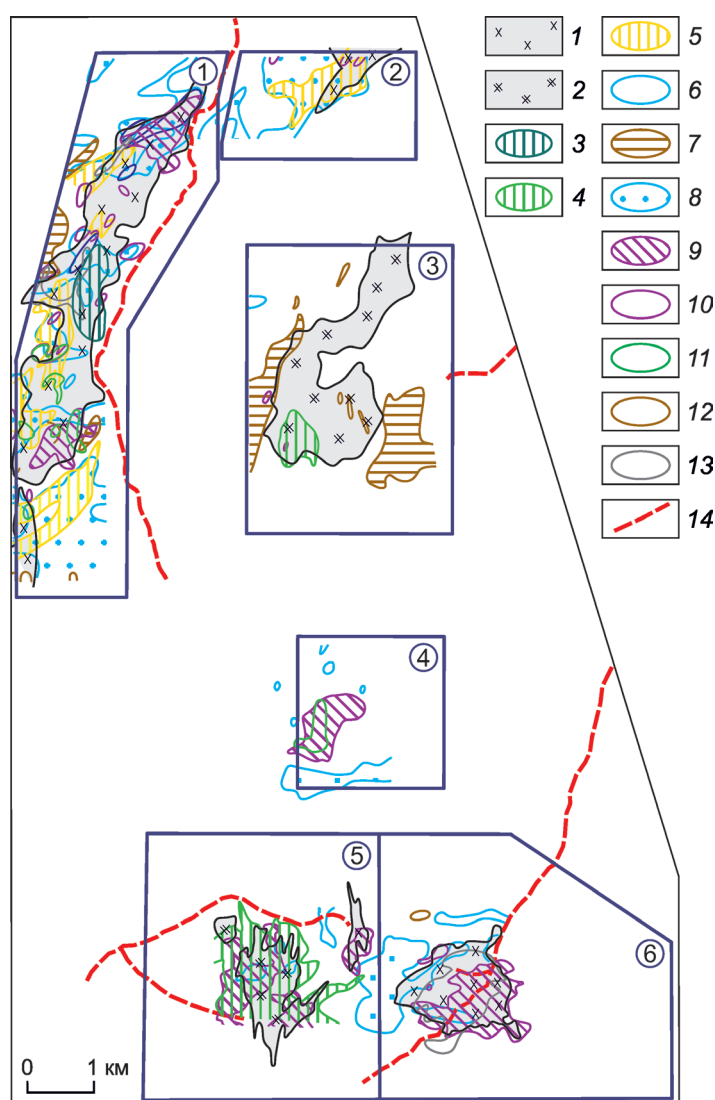


Рис. 5. Схема геохимических критериев и признаков Соболиной площади, по материалам ОАО «Приморгеология» и предшествующих поисковых работ:

интрузивные массивы: 1 – диорит-гранодиоритовой формации, 2 – габбро-монцодиоритовой формации; комплексные вторичные ореолы рассеяния элементов-индикаторов: 3 – (Ag)-Au-Cu – маркируют проявления рудной минерализации медно-порфирового типа (магнетит-халькопиритовый, пирит-халькопиритовый минеральные типы), 4 – то же, тип первичного источника не определен, 5 – Pb-Zn-Ag-Au, локальные концентрации Cu и Mo – маркируют проявления полисульфидной золотоносной минерализации, 6 – Pb-Zn-Ag – маркируют проявления полисульфидной минерализации, 7 – As-Au – тип первичного источника не определен, 8 – Pb-Zn (обобщенные ореолы); моноэлементные ореолы рассеяния: 9 – Mo – маркирует проявления кварц-молибденитового минерального типа, а также области обогащения Mo в составе медно-порфировой минерализации, 10 – Mo – локальные ореолы, 11 – Cu – локальные и точечные ореолы, 12 – Au – локальные ореолы, 13 – W – маркирует области проявления скарнирования, а в комплексе с ореолами Mo – кварц-молибденитовую минерализацию; 14 – россыпи золота; остальные усл. обозн. см. рис. 2

Таким образом, на Соболиной площади проявления медно-порфировой минерализации отражаются сочетанием низких значений кажущейся поляризуемости и повышенных магнитного поля; высокие значения поляризуемости при низких магнитного поля соответствуют периферическим «пиритовым ореолам».

Для выявленных в пределах Соболиной площади проявлений и потенциальных месторождений определены минералого-геохимические типы руд, их состав, рудно-метасоматическая зональность и морфология прогнозируемых рудных тел.

Минералого-геохимические типы и состав руд. В связи с предполагаемым нами полифор-

мационным (двухэтапным) характером оруденения Соболиной площади в представленной модели рассматриваются две группы руд:

- золотосодержащие (молибден)-медные прожилково-вкрапленные (штокверковые) (молибден)-медно-порфирового рудно-формационного типа. Включают следующие минералого-геохимические типы руд – магнетит-халькопиритовый (главный продуктивный), пирит-халькопиритовый (потенциально продуктивный), пирит-пирротин-халькопиритовый, пирротин-пиритовый (отвечают типизации [4]);
- золото-пиритовые вкрапленные и (золото)-молибденит-полисульфидно-кварцевые жильно-прожилковые предположительно

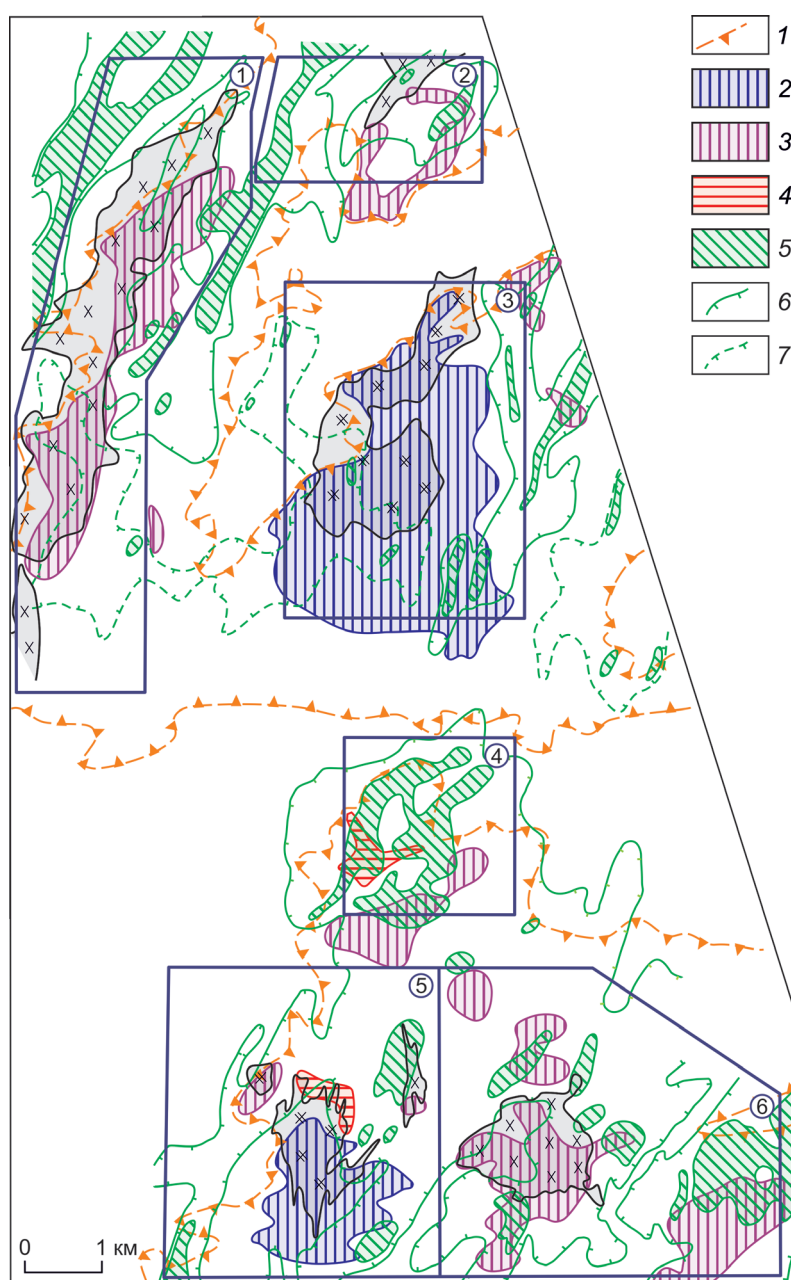


Рис. 6. Схема геофизических критериев и признаков Соболиной площади, по материалам поисковых работ (С.И.Дмитрук, 1987 г.):

аномалии магнитного поля ΔT_0 : 1 – интенсивностью >50 нТл, оконтуривают площади потенциальных рудных полей, 2, 3 – интенсивностью >75 нТл, (2 – контрастные, маркируют интрузивные массивы габбро-мондиоритовой формации, 3 – слабоконтрастные, маркируют массивы и крупные дайковые тела диорит-гранодиоритовой формации, в том числе не выходящие на поверхность), 4 – локальные контрастные отрицательные в полях положительных значений ΔT_0 ; 5–7 – аномалии кажущейся поляризуемости (η): 5 – интенсивностью $>10\%$, оконтуривают участки интенсивного проявления пирротин-пиритовой минеральной ассоциации (на уч. Средний – также области совмещения пирротин-пиритового и кварц-молибденитового минеральных типов), 6 – интенсивностью $>3\%$, оконтуривают участки слабой сульфидной минерализации («пиритовые ореолы»), сложенные минерализацией пирит-пирротиновой и пирротин-пиритовой минеральных ассоциаций, 7 – то же, обобщённые контуры распространения локальных аномалий; остальные усл. обозн. см. рис. 2, 5

(золото-молибденит)-пирит-полисульфидно-кварцевого рудно-формационного типа. По ряду признаков сходны с проявлениями золото-порфирового рудно-формационного типа. Минералого-геохимические типы руд – пиритовый золотоносный (потенциально продуктивный на золото), полисульфидный золотоносный, кварц-пирит-молибденитовый.

Единичные проявления оруденелых скарнов можно отнести к самостоятельному типу – маг-

нетитовому молибден-вольфрамовому с золотом скарнов (потенциально продуктивному на молибден, вольфрам).

Рудопроявления Соболиной площади, отнесённые к различным рудно-формационным типам, близки по набору рудообразующих минералов, но различаются их количественными соотношениями (см. табл. 1; рис. 7).

Набор минералого-геохимических типов руд, определяющихся пространственным сочетанием нескольких рудных минеральных ассоциа-

ций (см. табл. 1) в пределах обособленных частей минерализованных зон, для проявлений Соболиной площади включает: магнетит-халькопиритовый, пирит-халькопиритовый, пирит-пирротин-халькопиритовый, пирротин-пиритовый, пиритовый золотоносный. Кроме того, локально проявлены следующие минералогеохимические типы руд: полисульфидный (золотоносный), кварц-пирит-молибденитовый, магнетитовый молибден-вольфрамовых с золотом скарнов. Промышленное значение для объектов Соболиной площади имеет только магнетит-халькопиритовый минералогеохимический тип руд. В перспективе не исключено обнаружение промышленных руд пирит-халькопиритового минералогеохимического типа. Пиритовый золотоносный тип руд может быть промышленным лишь при условии выявления на Соболиной площади весьма крупных залежей, отвечающих по основным параметрам (запасы руды, содержания золота) месторождениям золото-порфирового типа мирового класса. Остальные типы руд, с нашей точки зрения, промышленного значения в настоящее время не имеют.

По данным *изотопных исследований* состав серы сульфидных минералов двух выделяемых рудно-формационных типов минерализации контрастно отличается, что подтверждает различие источников рудного вещества и, тем самым, связь с различными этапами магматической активности (интрузивными комплексами) (рис. 8). Сульфидная минерализация медно-порфирового типа на участках Лазурный и Диоритовый отличается весьма однородным изотопным составом серы при отрицательном значении $\delta^{34}\text{S}$ ($-1,5 \pm 0,4\%$). Столь низкий градиент значений свидетельствует о принадлежности сульфидной минерализации к наиболее продуктивным центральным частям медно-порфировых систем. Существенно пиритовая (золотоносная) минерализация на участках Средний, Кабаний, Восточный и Парубский, флангах уч. Лазурный характеризуется положительными значениями $\delta^{34}\text{S}$ ($+2,2 \pm 1\%$).

Рудно-метасоматическая зональность. В масштабе рудных полей Соболиной площади (рис. 9) отмечается прямая асимметричная рудно-метасоматическая зональность, а именно: в

пределах центральных рудопоявлений развиты рудно-метасоматические образования более раннего (молибден)-медно-порфирового рудно-формационного типа, в пределах фланговых участков – более позднего (золото-молибден)-пирит-полисульфидно-кварцевого, представленного точками минерализации пиритовой (золотоносной), молибденит-пирит-кварцевой и полисульфидной минеральных ассоциаций. Участки распространения молибден-вольфрамовых магнетитовых скарнов подчиняются литологическому контролю – контактам карбонат-содержащих толщ в экзоконтактах рудоносных интрузивов.

В масштабе потенциального месторождения, на примере уч. Лазурный (рис. 10), проявлена прямая концентрическая рудно-метасоматическая зональность относительно сложно построенного интрузивного штока, выраженная в смене зон метасоматических изменений и рудной минерализации (аналогичных зонам типовой модели РМЗ медно-порфировых месторождений): калиевой, филлизитовой, внутренней и внешней пропиловых, зоны слабых изменений (рис. 11). Так, метасоматиты калиевой зоны со штокверковыми рудами магнетит-халькопиритового минералогеохимического типа охватывают весь объем штока и сменяются зоной слабых изменений (в данном случае – редуцированный аналог внешней пропиловой зоны), сопровождающей пиритовый ореол и развитой по ороговикованным терригенным породам экзоконтакта штока. В северном эндо-экзоконтакте штока оконтуривается зона наложенных оклотрецинных кварц-серицитовых изменений и прожилкового окварцевания, представляющая редуцированный аналог филлизитовой зоны, руды в которой обогащены за счет наложения полисульфидной минеральной ассоциации. В ближнем экзоконтакте штока на щелочные изменения существенно биотитового состава фрагментарно наложены (альбит-хлорит-эпидот)-актинолитовые, формирующие внутреннюю пропиловую зону с образованием здесь пирит-пирротин-халькопиритовой минеральной ассоциации (типа руд).

Как и на типовых медно-порфировых объектах, рудно-метасоматическая зональность определяет пространственное распределение руд-

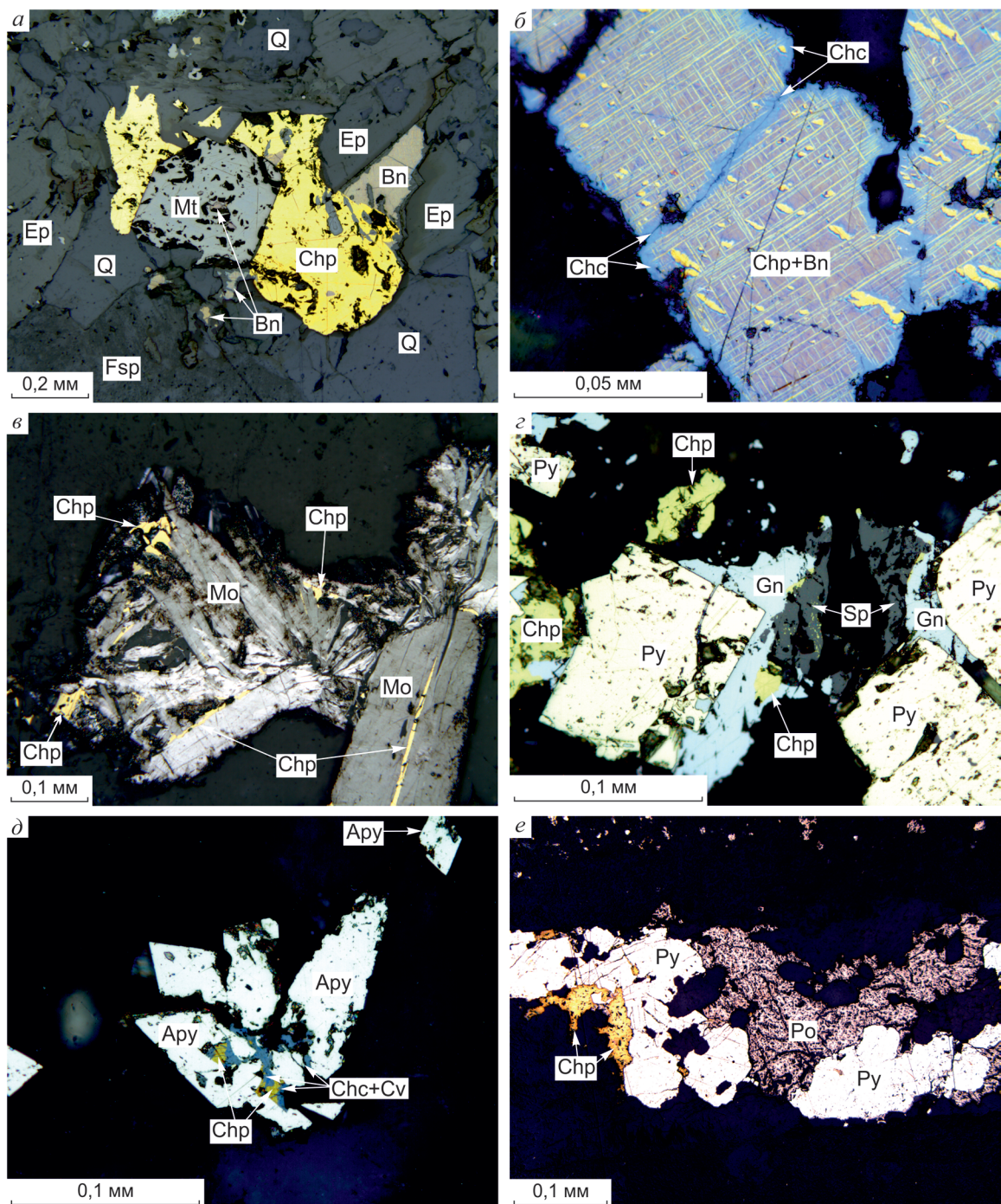


Рис. 7. Рудная минерализация Соболиной площади:

(молибден)-медно-порфировый рудно-формационный тип, магнетит-халькопиритовая ассоциация: *а* – срастание магнетита (Mt), халькопирита (Chp), борнита (Bn) в агрегате эпидота (Ep), кварца (Q), калишпата (Fsp), *б* – структура распада твёрдого раствора борнита и халькопирита, каймы и прожилки гипергенного халькозина (Chc), *в* – срастание молибденита (Mo), халькопирита; (золото-молибденит)-пирит-полисульфидно-кварцевый рудно-формационный тип: *г*, *д* – полисульфидная ассоциация (*г* – срастание пирита (Py), халькопирита, галенита (Gn), сфалерита (Sp), *д* – срастание арсенопирита (Apy), халькопирита, последний замещается гипергенными халькозином и ковеллином (Cv)), *е* – пирит-пирротинная ассоциация (срастание пирротина (Po), пирита, халькопирита)

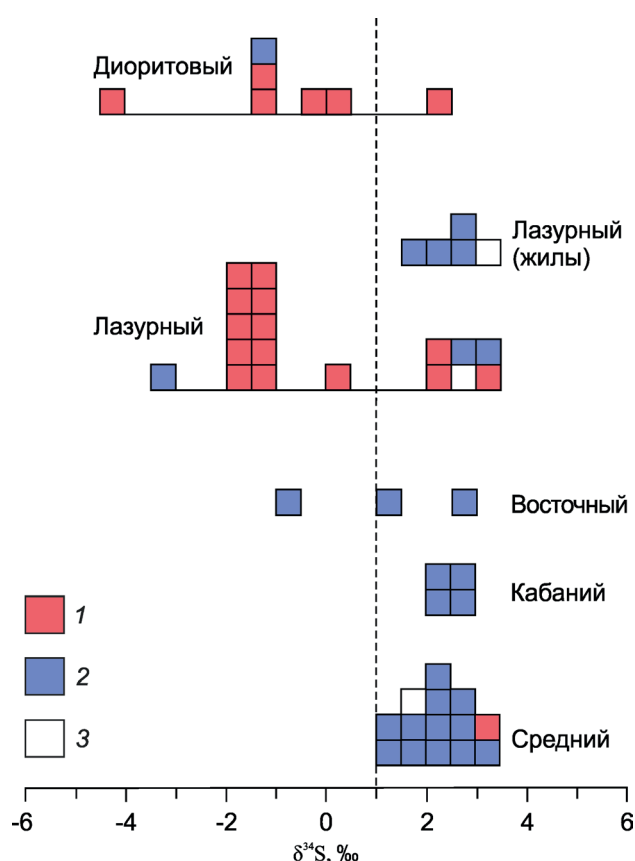


Рис. 8. Изотопный состав серы сульфидов минерализованных зон поисковых участков Соболиной площади:

1 – халькопирит; 2 – пирит; 3 – пирротин

ных концентраций рудопроявлений Соболиной площади. Так, потенциально промышленные тела прожилково-вкрапленных руд медно-порфирового типа тяготеют к областям сопряжения кремнещелочной и внутренней пропилитовой зон, где в эталонных медно-порфировых объектах локализуются наиболее богатые руды. Проявления убогой прожилковой молибденит-пирит-кварцевой минерализации приурочены к областям сопряжения кремнещелочной и филлизитовой зон, а жильно-прожилковые тела золото-полисульфидно-кварцевых руд – к осевым частям филлизитовой зоны. В пределах внешней пропилитовой зоны развит «пиритовый ореол». На контактах линз известняков могут присутствовать известковые скарны (пироксен, гранат, карбонат) с шлирами магнетита (известны только в пределах уч. Парубский).

Элементы рудно-метасоматической зональности Соболиного рудного узла и разноранговых рудных объектов в его пределах – рудных полей и поисковых участков (потенциальных месторождений) – соответствуют типовым схемам зональности эталонных медно-порфировых месторождений [1 и др.]. Определенные минералогические отличия рассматриваемого объекта заключаются в нечёткости признаков разновременности (телескопирования) кремнещелочной и пропилитовой метасоматических минеральных ассоциаций в составе калиевой зоны, редуцированном проявлении филлизитовой, внутренней и внешней пропилитовых зон, малой роли борнита в составе магнетит-халькопиритовой минеральной ассоциации, отсутствии существенно халькопиритовой зоны, незначительном количестве молибденита в составе главной продуктивной минеральной ассоциации, повышенной роли пирротина в пиритовом ореоле и др. Следует отметить, что эти признаки, наряду с относительно низкими и невыдержанными содержаниями полезных компонентов в рудах по данным опробования, снижают оценку перспектив известных рудопроявлений Соболиной площади и её территории в целом.

Морфология прогнозируемых рудных тел. Геологоразведочными работами установлено, что меденосная штокверковая минерализованная зона основного объекта Соболиной площади – рудопроявления Лазурное – приурочена к эндоконтактовой зоне полифазного (габбро, монцодиориты) интрузивного штока. Имеет в плане форму разомкнутого овального кольца (2х1 км) шириной 100–300 м. Два потенциально промышленных рудных тела площадью 0,1–0,12 км² в пределах минерализованной зоны оконтуриваются по данным опробования и обрамляются зонами убогой пирит-халькопиритовой прожилково-вкрапленной минерализации, сменяющейся в экзоконтакте штока пирротин-пиритовой минерализацией «пиритового ореола». На флангах штокверковых рудных тел известны единичные маломощные золотоносные кварц-полисульфидные жилы в виде линейных кулисообразно построенных зон шириной до нескольких десятков метров, протяжённостью первые сотни метров. Зона распространения молибденит-пирит-кварцевой ми-

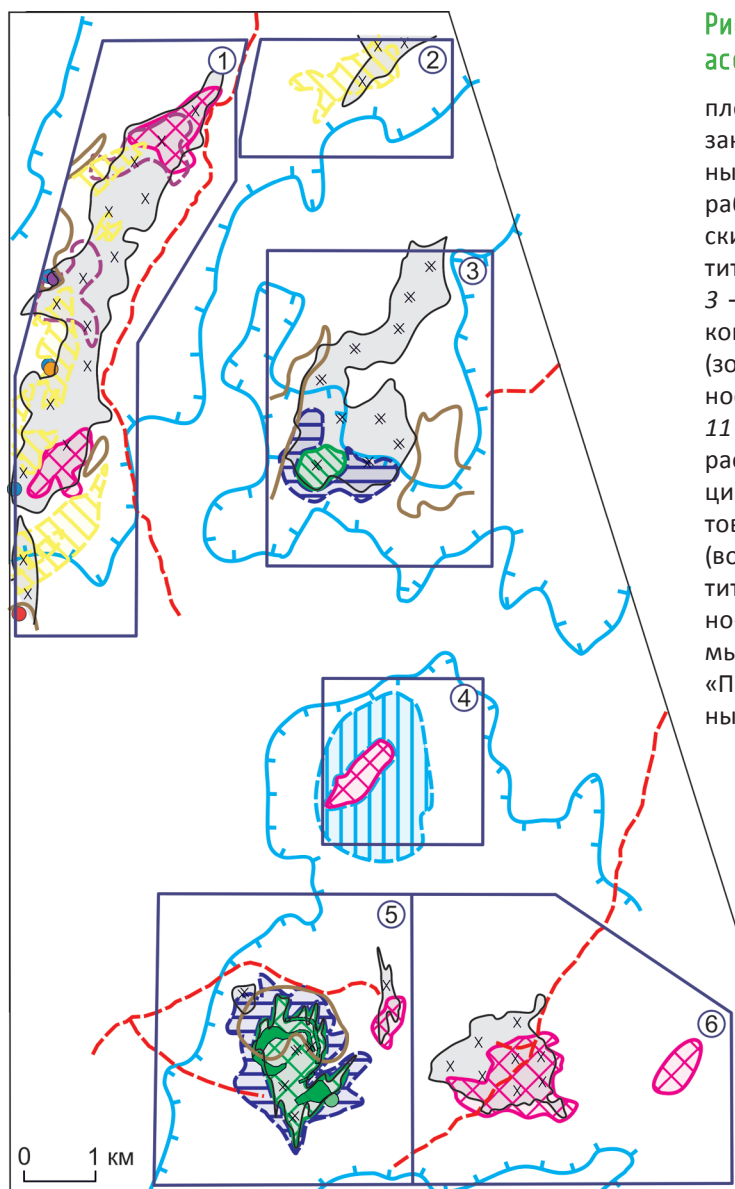
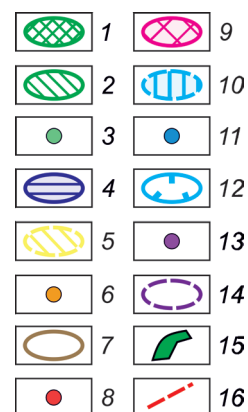


Рис. 9. Схема размещения рудных минеральных ассоциаций в пределах Соболиной площади:

площади (показаны контурами) и пункты (показаны кружками) проявления рудных минеральных ассоциаций, установленные по горным выработкам или предполагаемые по геохимическим или геофизическим данным: 1 – магнетит-халькопиритовой, 2 – пирит-халькопиритовой, 3 – пирит-пирротин-халькопиритовой, 4 – (халькопирит)-пирротин-пиритовой, 5, 6 – пиритовой (золотоносной), 7, 8 – полисульфидной (золотоносной), 9 – молибденит-пирит-кварцевой, 10, 11 – пирит-пирротиновой, 12 – внешний контур распространения пирит-пирротиновой ассоциации по геофизическим данным, 13 – магнетитовой скарновой, 14 – ореолы скарнирования (вольфрамсодержащие скарны с линзами магнетита) по геофизическим данным; 15 – зоны медно-порфирового оруденения с интервалами промышленных содержаний Cu, по данным ОАО «Приморгеология»; 16 – россыпи золота; остальные усл. обозн. см. рис. 2, 5



нерализации в пределах рудопоявления не околонтена.

Таким образом, оруденение, выявленное на Соболиной площади, по набору элементов прогнозно-поисковой модели можно отнести, несмотря на ряд специфических особенностей (редуцированность «порфировых интрузивов», неразвитость филлизитовой зоны, неконтрастность литохимических аномалий элементов-индикаторов и др.), к медно-порфировому геолого-промышленному типу, отчасти – к сопряженным с ним рудно-формационным типам.

Из шести перспективных участков Соболиной площади (Лазурный, Диоритовый, Паруб-

ский, Кабаний, Восточный, Средний) наиболее полным набором метасоматических и минералогическо-геохимических признаков, свойственным месторождениям медно-порфирового типа, обладают поисковые участки Лазурный и Диоритовый. Они локализованы в пределах относительно изометрических интрузивных штоков, прорывающих осадочные комплексы раннемелового фундамента. Штоки сложены комплексом порфировидных пород монцонитоидного ряда – от субщелочных габбро и габбродиоритов до кварцевых монцодиоритов. Метасоматические изменения представлены кремнещелочным и пропиловитовым типами (кварц-ка-

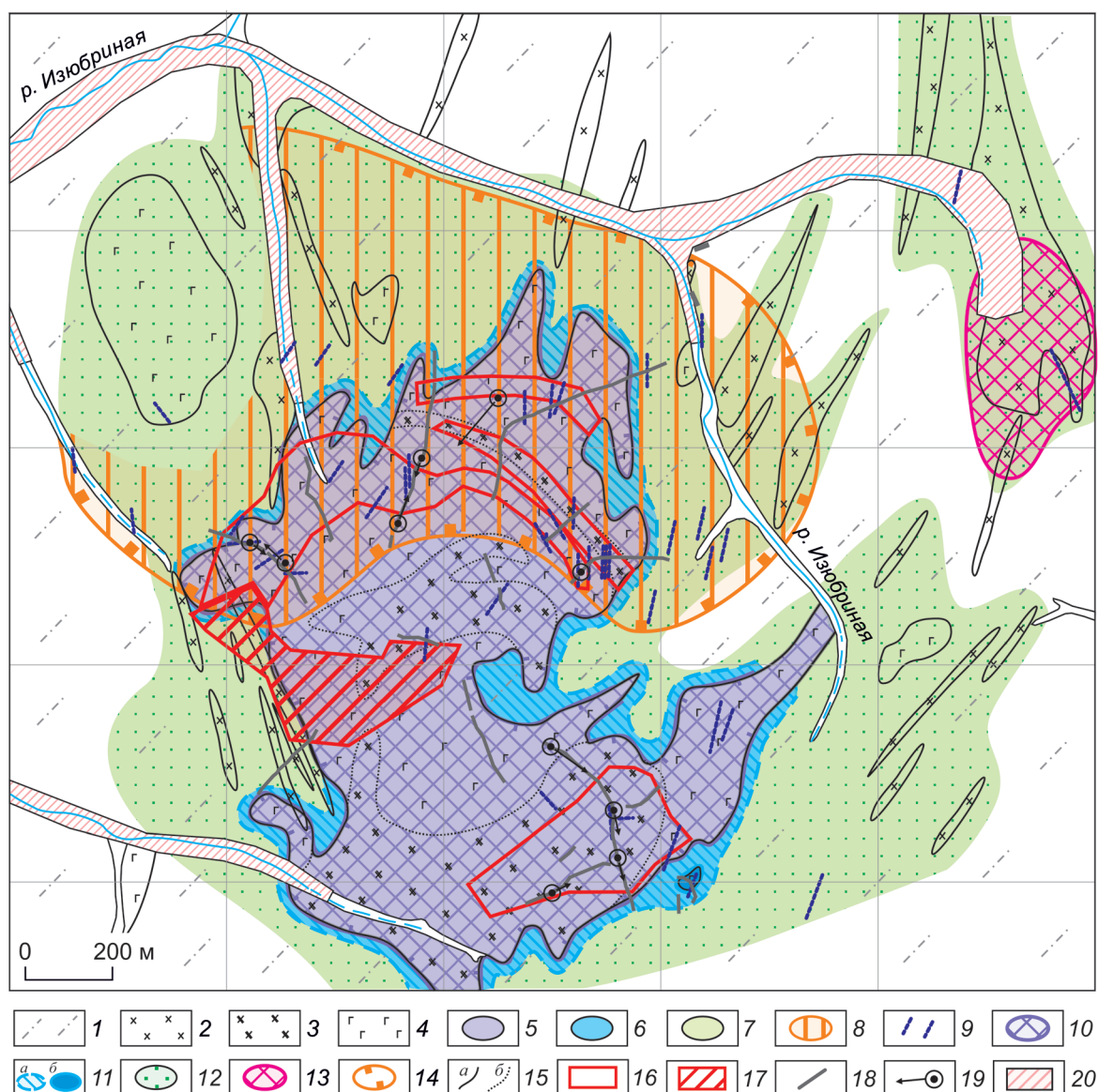


Рис. 10. Схема рудно-метасоматической зональности рудопроявления Лазурное и его флангов:

1 – ороговикованные терригенные породы, K_1 (биотитовые роговики, биотитизированные песчаники и алевролиты); рудоносные интрузивные образования: 2 – диорит-гранодиоритовой формации, K_2 (диорит-порфиры, кварцевые диорит-порфиры), 3, 4 – габбро-монцодиоритовой формации, K_1 (3 – кварцевые монцодиориты порфировидные, 4 – монцогаббродиориты); зоны метасоматических изменений: 5 – калиевая (кварц, калишпат, биотит, актинолит, хлорит), 6 – внутренняя пропилитовая (биотит, актинолит, хлорит, кварц), 7 – слабых изменений с фрагментами внешней пропилитовой (хлорит, эпидот, альбит, актинолит, биотит), 8 – область распространения околотрещинных филлизитовых изменений (кварц, серицит, хлорит); 9 – кварцевые жилы; зоны распространения рудных минеральных ассоциаций: 10 – магнетит-халькопиритовой, 11 – пирротин-пиритовой (а), пирит-пирротин-халькопиритовой (б), 12 – пирит-пирротин-пиритовой («пиритовый ореол»), 13 – молибденит-пирит-кварцевой (по геохимическим данным), 14 – полисульфидной (золотоносной, внешний контур); 15 – границы полифазных интрузий (а), интрузивных фаз (б); контуры меднорудных тел: 16 – прогнозируемые по результатам работ ОАО «Приморгеология», 17 – ооконтуренные работами ЗАО «Шилка-Минералс», 2009 г.; горные выработки, пройденные ОАО «Приморгеология»: 18 – каналы, 19 – скважины колонкового бурения; 20 – золото-россыпные полигоны

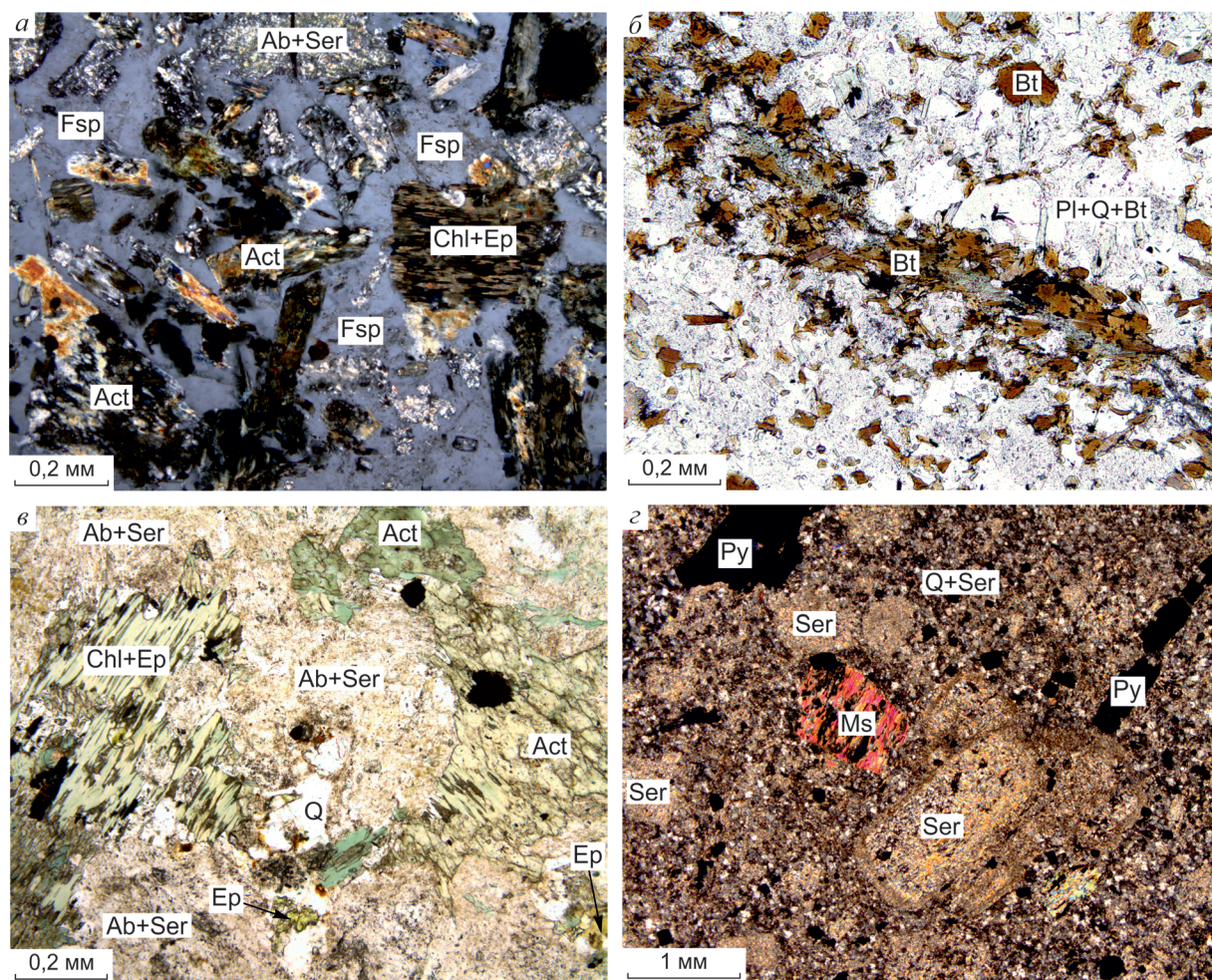


Рис. 11. Метасоматические изменения рудопроявления Лазурное; проходящий свет (а, г – николи +; б, в – николи -):

а – калиевые; б – внутренней пропиловатой зоны; в – калиевые, совмещённые с филлизитовыми; г – филлизитовые; Act – актинолит, Ab – альбит, Bt – биотит, Chl – хлорит, Ep – эпидот, Fsp – K-Na полевой шпат, Ms – мусковит, Pl – плагиоклаз, Py – пирит, Q – кварц, Ser – серицит

лишпат-биотитовые метасоматиты с актинолитом, хлоритом, эпидотом). Прожилково-вкрапленная минерализация, реже гнездовая в амфибол-калишпат-кварцевых жилах, в пределах штоков и их ближайшей периферии (в осадочных породах) представлена преимущественно халькопиритом, редко борнитом. Интервалы с повышенными концентрациями Cu (0,3–1%) сопровождаются характерными для медно-порфировых руд содержаниями Au (0,1–0,3 г/т, в отдельных интервалах до 0,5–1 г/т). Другие рудные минералы – пирит и молибденит – имеют резко подчинённое значение, содержание Мо в мине-

рализованных породах крайне незначительно (редко повышается до 0,006–0,018%); широко проявлен магнетит, особенно в породах основного состава.

Участки Парубский, Кабаний, Средний и Восточный приурочены к малым интрузиям и дайковым телам (кроме уч. Парубский, занимающего площадь довольно крупного интрузива) гранитоидов нормального ряда (порфировидные кварцевые диориты, гранодиориты и порфириты того же состава). Они имеют иной характер метасоматических изменений и рудной минерализации. В пределах этих участков до-

минируют изменения серицит-хлорит-карбонат-кварцевого и серицит-кварцевого составов, в породах осадочной рамы и в порфириновых дайках проявлена биотитизация. Рудные минералы представлены в большей степени пиритом, иногда золотоносным (уч. Кабаний – содержания Au от 0,1 до 0,5 г/т), молибденитом (наиболее проявлен на уч. Восточный – содержания Mo 0,003–0,03%), пирротин; халькопирит очень редок. Данные изменения сопровождаются немногочисленными кварцевыми (серицит-кварцевыми) жилами и их сериями, содержащими крайне неравномерную гнездовую полисульфидную (пирит, молибденит, халькопирит, пирротин) минерализацию, часто с относительно высокими содержаниями Au и Ag.

В целом наибольшими перспективами на обнаружение промышленного медно-порфирирового оруденения обладают минерализованные зоны, пространственно ассоциирующие с гидротермально изменёнными интрузивными образованиями монцонитоидного берёзовско-аратского комплекса.

Жильно-прожилковые зоны, контролирующиеся малыми интрузиями синанчинского комплекса, не несут промышленной медной минерализации. Несмотря на установленную их золотоносность и молибденоносность, промышленные концентрации этих металлов в них к настоящему времени не выявлены. Эти зоны, вероятно, служили источником золота для многочисленных россыпей, развитых на Соболиной площади.

В заключение отметим, что представленная разноранговая геолого-поисковая модель, которая была составлена на основе типовой геолого-поисковой модели месторождений медно-порфирирового геолого-промышленного типа и адаптированная к геологической обстановке и условиям поисков Соболиной перспективной площади, может быть использована для предварительной оценки известных и вновь открываемых рудопроявлений различных типов в её пределах и на смежных территориях, определения направлений и очерёдности дальнейших геолого-поисковых работ.

Авторы выражают благодарность геологической службе и руководству ОАО «Примор-

геология» за содействие в проведении полевых работ и предоставленные материалы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гирфанов М.М. Рудно-метасоматическая зональность меднопорфирировых месторождений – условия образования и модели: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – М.: ЦНИГРИ, 1993.
2. Киселев Н.Н. Металлогенические особенности медно-порфирирового оруденения Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса // Оруденение порфирирового типа на Дальнем Востоке. Владивосток, 1988. С. 142–157.
3. Кривцов А.И., Звездов В.С., Мигачев И.Ф., Минина О.В. Меднопорфирировые месторождения. 2-е изд. – М.: ЦНИГРИ, 2010.
4. Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Минина О.В. Минералого-геохимические типы руд меднопорфирировых месторождений – золотоносность и зональность // Геохимия. 1985. № 10. С. 1417–1429.
5. Методика крупномасштабного и локального прогноза месторождений цветных, благородных металлов и алмазов. – М.: ЦНИГРИ, 1989.
6. Мигачев И.Ф. Геолого-поисковые модели рудных полей и месторождений – основа крупномасштабного и локального прогноза меднопорфирирового оруденения // Тр. ЦНИГРИ. 1986. Вып. 207. С. 15–20.
7. Монцонитоидная ассоциация Кавалеровского рудного района (Приморье): геохронология и некоторые вопросы генезиса / В.Г.Гоневчук, Г.А.Гоневчук, В.А.Лебедев и др. // Тихоокеанская геология. 2011. Т. 30. № 3. С. 20–31.
8. Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Методическое руководство. Вып. «Медь». – М.: ЦНИГРИ, 2002.
9. Прогрессивные технологии оценки и разведки медно-порфирировых месторождений / А.И.Кривцов, Ю.А.Сергийко, Л.У.Кадырбеков и др. – Алма-Ата: Южказгеология, 1987.
10. Пространственные металлогенические таксоны. Справочное пособие / Под. ред. А.И.Кривцова, Г.В.Ручкина. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
11. Рязанцева М.Д., Антонов П.Н. Порфирировое оруденение Приморья // Оруденение порфирирового типа на Дальнем Востоке. Владивосток, 1988. С. 106–120.

12. Сахно В.Г., Коваленко С.В., Аленичева А.А. Монцонитоидный магматизм медно-порфирового оруденения месторождения Лазурное: геохронология по результатам U-Pb и K-Ar датирования и особенности генезиса рудоносных магм по данным изотопно-геохимических исследований (Приморье, Россия) // Докл. АН. 2011. Т. 438. № 1. С. 82–90.
13. Тутли С.Р., Бин Р.Э. Медно-порфировые месторождения // Генезис рудных месторождений. М., 1984. Т. 1. С. 245–333.
14. Юшманов Ю.П. Геология. Структура и металлогения Соболиного рудного узла (Приморье). – Биробиджан: ГОУВПО «ДВГСГА», 2009.
15. Юшманов Ю.П. Структура и зональность Au-Cu оруденения месторождения Лазурное в Цент-

ральном Сихотэ-Алине // Тихоокеанская геология. 2002. Т. 21. № 2. С. 85–90.

Авилова Ольга Владимировна,
научный сотрудник
avilova@tsnigri.ru

Андреев Антон Вадимович,
старший научный сотрудник
aandreev@tsnigri.ru

Гирфанов Михаил Миргалимович,
кандидат геолого-минералогических наук
girfanov@tsnigri.ru

Кряжев Сергей Гаврилович,
кандидат геолого-минералогических наук
s34@mail.ru

Старостин Иван Александрович
starostin@tsnigri.ru

GEOLOGICAL PROSPECTING MODELS FOR THE PORPHYRY COPPER AND GOLD-POLYSULFIDE ORE MINERALIZATION OF THE SOBOLINAYA PROSPECTIVE AREA, SIKHOTE-ALIN REGION

O.V.Avilova,
A.V.Andreev,
M.M.Girfanov,
S.G.Kryazhev,
I.A.Starostin

The Sobolinaya prospective area within the Sikhote-Alin Region represents an ore district that comprises the well-known Lazurnoye porphyry copper-type prospect and several copper, molybdenum, and gold occurrences. The ore mineralization of the district is confined to the (molybdenum)-copper porphyry and (gold-molybdenum)-pyrite-polysulfide types related to spatially coinciding plutonic rock associations of different ages. The study has revealed characteristic features of the geological prospecting indicators of the mineralization. The relevant typical geological prospecting models for promising territories varying in scale are adapted to the regional geological context. The models are intended for a preliminary assessment of the known and newly discovered ore occurrences of various types and for targeting the geological exploration within the study area and adjacent territories.

Key words: porphyry copper mineralization, gold-polysulfide mineralization, molybdenum mineralization, Sikhote-Alin, geological prospecting model, Berezovsk-Araratsk intrusive complex, Synanchinsk intrusive complex.