

УДК 553.432

МЕДНО-ПОРФИРОВАЯ И ЭПИТЕРМАЛЬНАЯ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ БАИМСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ, ЗАПАДНАЯ ЧУКОТКА, РОССИЯ

© 2024 г. А. Ф. Читалин^{а, *}, И. А. Бакшеев^{б, **}, Ю. Н. Николаев^{б, ***}

^аООО “Институт геотехнологий”, Ленинские горы, вл. 1, стр. 77, Москва, 119234 Россия

^бМосковский государственный университет им. М.В. Ломоносова, ГСП-1, Воробьевы горы, Москва, 119991 Россия

*E-mail: a.chitalin@igeotech.ru

** E-mail: baksheev@geol.msu

*** E-mail: nikolaev@geol.msu.ru

Поступила в редакцию 24.07.2023 г.

Подписана в печать 26.10.2023 г.

Принята к публикации 28.10.2023 г.

Обобщены результаты исследований Баимской рудной зоны (БРЗ) на Западной Чукотке, полученные при проведении поисково-оценочных и разведочных работ в 2008–2016 гг., и показаны основные особенности ее строения и развития. Формирование рудной минерализации порфировых и эпиптермальных рудных систем БРЗ происходило в раннемеловое время в зоне глубинного правого сдвига северо-западного простирания. Меридиональные структуры растяжения и диагональные сколы в зоне сдвига контролировали позицию и морфологию интрузивных тел монцонитоидов и парагенетически связанных с ними рудных штокверков с медно-порфировой и золото-серебряной эпиптермальной минерализацией. Рудные штокверки прослеживаются бурением на глубину до 700 м и прогнозируются глубже по геофизическим данным. Описана зональность аномальных геохимических полей вторичных ореолов и первичная геохимическая зональность месторождения Песчанка и Находкинского рудного поля (НРП). Эрозионный срез месторождений и проявлений различный. Для месторождения Песчанка установлен верхне-среднерудный срез, для проявлений НРП эрозионный срез изменяется от верхнерудного до нижнерудного. Выявлены новые перспективные участки в пределах БРЗ, где прогнозируется промышленное медно-порфировое и золото-серебряное эпиптермальное оруденение.

Ключевые слова: Баимская рудная зона, зона сдвига, рудные штокверки, медно-порфировая минерализация

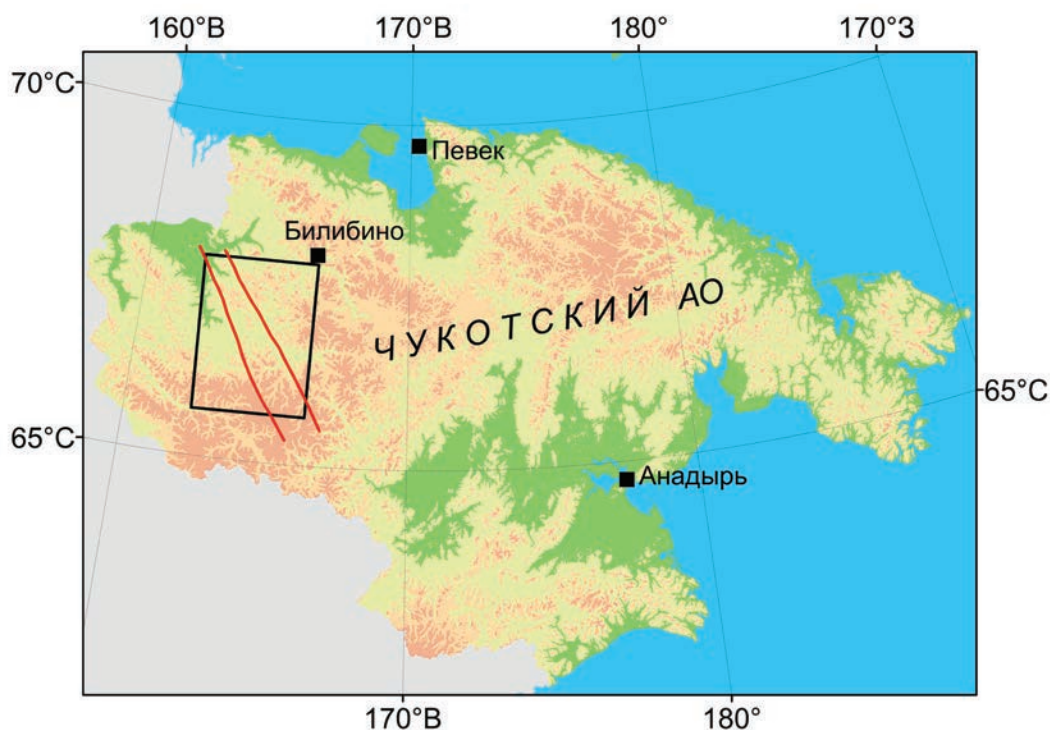
DOI: 10.31857/S0016777024010037, **EDN:** zylldoo

ВВЕДЕНИЕ

Баимская рудная зона (БРЗ) расположена на западе Чукотского АО в юго-восточной части Анюйского нагорья, в пределах низкогорья, расчлененного водотоками водосборного бассейна среднего течения р. Большой Анюй, в 180 км юго-западнее г. Билибино (фиг. 1). Она протягивается в север-северо-западном направлении более чем на 150 км при ширине 30–50 км и включает медно-порфировые и эпиптермальные золото-серебряные месторождения и проявления. Наиболее изученным является золото-молибден-медно-порфировое месторождение Песчанка, входящее в список крупнейших медно-порфировых месторождений мира.

В 1960–1990 гг. БРЗ изучалась многими специалистами (Волчков и др., 1982; Гулевич, 1974; Каминский, 1987, 1989; Мигачев и др., 1984, 1995; Мигачев, Шишаков, 1988; Шавкунов, 1973; Шаповалов, 1985, 1990). Были открыты промышленные россыпи золота, выявлены крупные медно-порфировые объекты Песчанка и Находка, эпиптермальное золото-серебряное месторождение Весеннее, установлены перспективные поисковые участки.

В 2008 г. компания ООО “ГДК Баимская” возобновила поисково-оценочные и разведочные работы в Баимской рудной зоне. Месторождение Песчанка было доразведано, его запасы поставлены на госбаланс; проведена доразведка Находкинского рудного поля, выявлены новые



Фиг. 1. Географическое положение Баимской рудной зоны. Красными линиями показан контур БРЗ, черный прямоугольник — контур геологической схемы на фиг. 2.

перспективные участки (Читалин и др., 2013; Читалин, Николаев, 2014).

Авторы настоящей статьи непосредственно участвовали в поисковых, поисково-оценочных и разведочных работах на месторождении Песчанка, Находкинском рудном поле и других участках Баимской зоны в период 2008–2016 гг. Собранный вместе с коллегами новый огромный фактический материал был проанализирован и отражен в отчете о поисково-оценочных работах (Читалин, Николаев, 2014), трех кандидатских диссертациях и многочисленных публикациях. По результатам проведенных поисково-оценочных работ ресурсный потенциал центральной части Баимской рудной зоны по категориям $C_1+C_2+P_1+P_2+P_3$ был оценен в 22.9 млн т меди, 1976.6 т золота, 9124 т серебра, 325.3 тыс. т молибдена (Читалин, Николаев, 2014; Читалин и др., 2016).

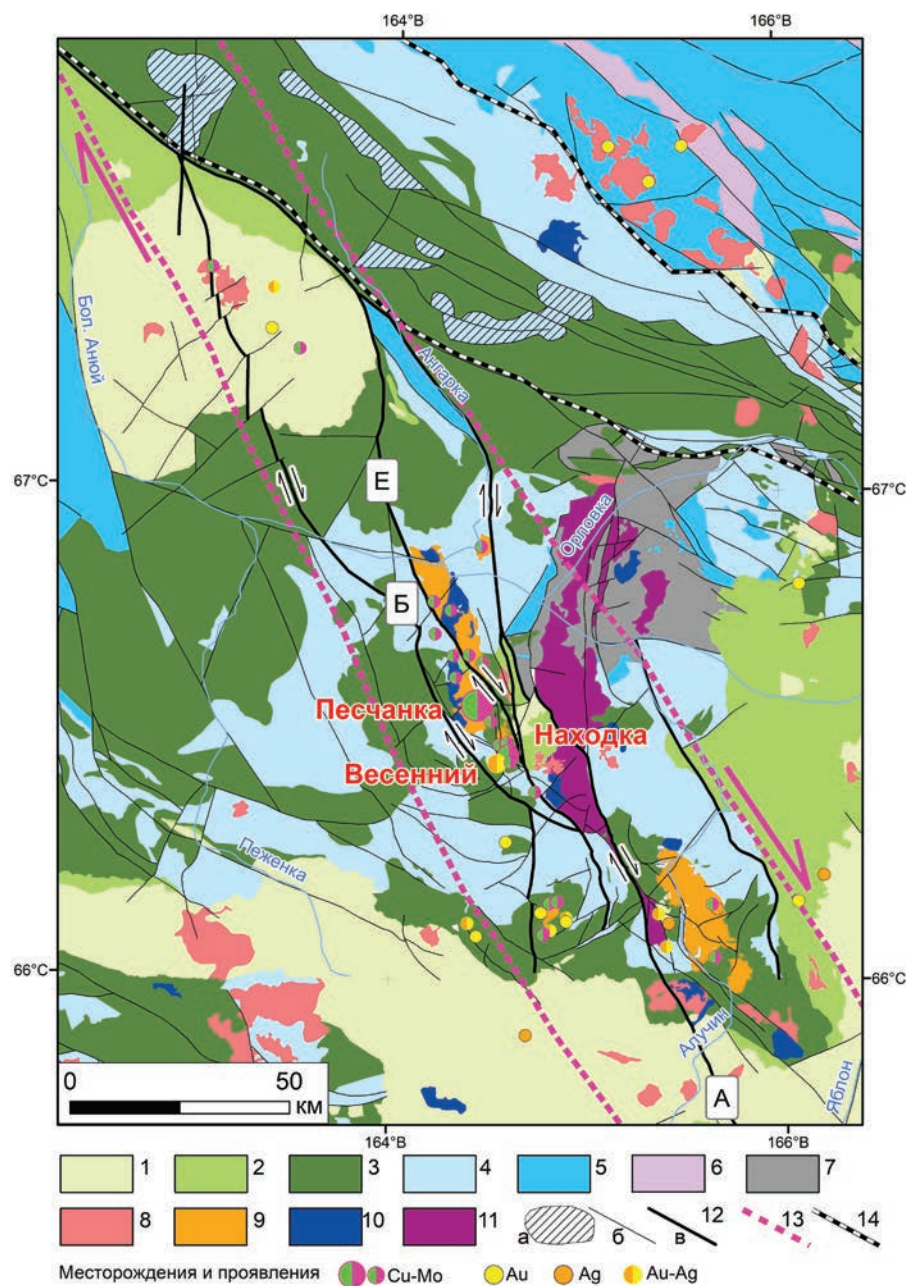
В 2019 г. Баимская лицензионная площадь была приобретена компанией KAZ Minerals, которая завершила разведку месторождения Песчанка и готовит его к обработке.

В настоящей статье обобщены результаты многолетних исследований Баимской рудной зоны и показаны основные особенности ее строения и развития.

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ БАИМСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ

Баимская рудная зона принадлежит Олойской структурно-фациальной зоне Алазейско-Олойской складчатой области (Волков и др., 2006). Олойская зона сложена островодужными вулканогенными, вулканогенно-осадочными и терригенными отложениями триаса-нижнего мела, смятыми в линейные и брахиморфные складки северо-западного и субширотного простирания. Сложный рисунок складок в плане обусловлен перекрестной складчатостью двух этапов деформации. Эта складчатая структура образует раннемезозойский комплекс, в составе которого выделяются блоки деформированных палеозойских вулканогенных и терригенных отложений и позднепалеозойских офиолитов (гипербазиты, базиты и плагиограниты). Разрывы относятся к разным типам и генерациям — взбросы, надвиги, сбросы и сдвиги.

Возраст складчато-разрывной структуры раннемезозойского структурного комплекса — позднеюрско-неокомовый (предальбский). В его составе по угловым несогласиям выделяются структурные этажи, соответствующие отдельным эпизодам складчатого этапа деформации. Складки прорваны гипабиссальными и субвулканическими интрузивами поздней юры — раннего мела; отдельные



Фиг. 2. Схематизированная геологическая карта Баимской рудной зоны и ее обрамления. 1 — верхнеальбские вулканы; 2 — верхнеаптские—нижнеальбские угленосные терригенные отложения; 3 — вулканогенно-терригенные отложения титона—неокома; 4 — вулканогенно-терригенные отложения средней—верхней юры; 5 — терригенные отложения верхнего триаса—нижней юры; 6 — терригенные отложения нижнего—среднего триаса; 7 — вулканогенно-терригенно-карбонатные отложения среднего девона—перми; 8 — раннемеловые (неокомовые) интрузивы егдыгкычского и весеннинского комплексов; 9 — позднеальбские гранитоиды; 10 — позднеюрские и меловые габброиды; 11 — позднепалеозойские офиолиты (ультрамафиты, габброиды, плагиограниты); 12 — разрывные нарушения: а — аллохтоны тектонических покровов; б — разрывы разной кинематики; в — крупные правые сдвиги Баимской сдвиговой зоны: в прямоугольниках указаны названия сдвигов А — Алучинский, Б — Баимский, Е — Егдыгкычский; 13 — контур Баимской право-сдвиговой зоны (полустрелками показана кинематика сдвигов); 14 — контуры Южно-Ануйской зоны.

интрузивы залечивают соскладчатые разрывы. С раннемеловыми штоками монцонит-порфиров, диорит-порфиристов, гранодиорит-порфиров ассоциируют проявления меди, золота и полиметаллов. Складчато-разрывная структура и рудоносные интрузивы с разрывом и структурным несогласием перекрываются континентальными терригенными угленосными и вулканогенными отложениями верхнеаптского—нижнеальбского возраста, выполняющими наложенные впадины внешней зоны Охотско-Чукотского вулканического пояса (ОЧВП). Раннемезозойский комплекс и наложенные структуры прорваны многочисленными штоками позднеальбских гранитоидов и осложнены разрывами преимущественно сдвиговой кинематики (фиг. 2).

БРЗ приурочена к системе крупных разломов северо-западного простирания преимущественно право-сдвиговой кинематики раннемелового возраста, которые отражают зону глубинного сдвига шириной 20—50 км. Сопряженными с главными сдвигами являются меридиональные сбросы и отрывы, контролирующие рудные штокверки медно-порфировых месторождений, левые сдвиги и сбросо-сдвиги северо-восточного простирания, а также пологие надвиги (Читалин и др., 2013₁, 2016).

Баимская сдвиговая зона на севере под углом 20° пересекает Южно-Ануйскую зону покровно-складчато-надвигового строения с наложенными право-сдвиговыми деформациями. Эта коллизионно-офиолитовая зона (сутура) маркирует зону субдукции позднеюрского-раннемелового океанического бассейна и раннемеловой коллизии Колымо-Омолонского и Ануйско-Чукотского террейнов (Соколов и др., 2015). В южном направлении правые сдвиги Баимской зоны затухают в пределах ОЧВП.

ГЕОЛОГИЯ БАИМСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ

БРЗ с медно-порфировым и эпitherмальным золото-серебряным оруденением контролируется глубинным разломом полихронного развития, который на рудном этапе в раннемеловое время являлся правым сдвигом. Зона глубинного Баимского правого сдвига впервые выделена нами на основании анализа региональных геологических и геофизических карт и детального изучения ее структуры при поисках, оценке и разведке рудных объектов. Основанием для выделения региональной сдвиговой зоны являлось наличие системы протяженных кулисных правых сдвигов СЗ-простирания (система сдвигов Риделя R) и сопряженных с ними поперечных коротких левых

сдвигов СВ простирания (система R'); кулисное расположение субмеридиональных линейных раннемеловых интрузивов и приуроченных к ним линейных медно-порфировых штокверков преимущественно меридионального простирания, которые маркировали участки локального горизонтального широтного растяжения в право-сдвиговой зоне на рудном этапе (Chitalin et al., 2012; Читалин и др., 2013₁).

Раннемеловой сиенит-монцонитовый егдыкычский плутонический комплекс сформировался в условиях островной вулканической дуги позднеюрского-раннемелового возраста (Волков и др., 2006). Комплекс сложен породами трех фаз внедрения: 1) монцодиориты, 2) монцодиорит-порфиры и кварцевые монцодиорит-порфиры, 3) сиениты, кварцевые сиениты. Молибден-меднопорфировое оруденение пространственно связано со штоками и крупными дайками второй и третьей фазы (Волчков и др., 1982; Каминский, 1987; Мигачев и др., 1995; Читалин, Николаев, 2014).

По петрогеохимическим и минералогическим характеристикам монцонитоиды Баимской рудной зоны сформировались из водонасыщенных высококальциевых известково-щелочных — шошонитовых магм с высокой степенью окисления (Соловьев, 2014). Это доказывается обильным содержанием в монцонитоидах магматического и гидротермального магнетита, наличием многочисленных гипсовых и ангидритовых жил и прожилков в рудных штокверках, высокими значениями отношения Fe_2O_3/FeO и V/Sc в породах — до 1.27 и до 21.9 соответственно. Отношения $Eu/Eu^* \geq 1$ также характеризуют калиевые расплавы с высокими степенями окисления. Обильные вкрапленники амфибола и биотита, а также высокие отношения Sr/Y до 225 в породе свидетельствуют о значительной водонасыщенности родоначальной магмы (Chitalin et al., 2021).

Радиометрический возраст рудоносных диорит-порфиристов весеннинского и монцонитоидов егдыкычского комплексов, по данным U/Pb датирования циркона, составляет 139—143 млн лет (Комарова и др., 2015). Радиометрические возрасты околорудных метасоматитов и молибденита из кварцевых прожилков и жил, определенные Rb/Sr и Re/Os методами соответственно, лежат в пределах 137—142 млн лет (Moll-Stalcup, 1995; Котова и др., 2012; Комарова и др., 2014, 2015; Бакшеев и др., 2014). Полученные датировки соответствуют интервалу времени от позднего берриасса до раннего валанжина включительно. Очевидно, это время проявления и синрудных право-сдвиговых деформаций в зоне Баимского глубинного разлома,

выраженных меридиональными кулисными структурами локального горизонтального широтного растяжения. В этих структурных ловушках локализовались интрузивные тела и формировались линейные рудные штокверки. Кристаллизация и остывание штоков порфировидных диоритов и монцонитов в условиях сдвига сопровождалось формированием магматических брекчий, а также зон бластомилонитов — вязких “горячих” тектонитов (Читалин, 2019₁).

Ширина Баимской сдвиговой зоны увеличивается от 20 км на севере до 50 км на юге. На юго-востоке она перекрывается верхнемеловыми вулканитами ОЧВП и интродурируется комагматическими им телами. Отдельные малоамплитудные правые сдвиги СЗ-простираения смещают позднемеловые вулканиты и интрузивы, что свидетельствует об активизации глубинного сдвига в позднем мелу (см. фиг. 2).

Рудоносные интрузивы раннемеловых весеннинского и егдыгкычского комплексов прорывают смятые в складки вулканогенно-осадочные отложения верхней юры — нижнего мела. Позднеаптская терригенная угленосная айнахургенская свита на северном фланге месторождения Песчанка несогласно, с базальными конгломератами в основании, залегает на размытых оруденелых монцодиоритах и монцодиорит-порфиритах Егдыгкычского плутона (Читалин, Николаев, 2014¹).

На северо-западе в пределах Баимской зоны расположена Мангазейская вулканоплутоническая структура альбского возраста, к которой также приурочены рудопоявления медно-порфирового типа и эпиптермальные золото-серебряные проявления.

В коренных обнажениях в пределах БРЗ выявлены разновозрастные структурные парагенезы левого и правого сдвига, которые сформировались на разных этапах деформации. Ранний дорудный лево-сдвиговый парагенез отрывов и сопряженных сколов-сдвигов, выполненных кварцевыми прожилками, установлен в кливажированных верхнеюрских алевролитах в южной части Баимской зоны в зоне Анюйско-Алучинского разлома на золоторудном участке Люкс. Там же выделен более поздний право-сдвиговый парагенез отрывов и сколов, залеченных золотоносными

кварц-карбонатными прожилками. Эти прожилки пересекают дайки раннемеловых диоритовых порфиров и андезитов.

В шовных зонах крупных правых сдвигов СЗ-простираения отмечены складки волочения с вертикальными шарнирами — в складки изогнута сланцеватость и связанные с ней вязкие SC-тектониты, образовавшиеся при левом сдвиге (Читалин, 2019₁).

Развитие позднеюрского левого сдвига вдоль Егдыгкычского разлома СЗ-простираения доказывается также разрывом и смещением по разлому в плане интенсивной линейной магнитной аномалии и вызвавшей ее линейного интрузива габброидов баимского позднеюрского комплекса. Левый сдвиг был затем залечен раннемеловой егдыгкычской линейной интрузией монцодиоритов, а позже — на рудном этапе в раннем мелу — был активирован как правый сдвиг, смещающий эту интрузию (Читалин, 2019₂).

В зоне Егдыгкычского сдвига при бурении на участке Егдыгкыч (непосредственно севернее месторождения Песчанка) выявлен пологий надвиг углисто-терригенных отложений послерудной айнахургенской свиты на рудоносные монцодиориты. Надвиг с глубиной выкручивается и сопрягается с вертикальным правым сдвигом. В швах разломов отмечены относительно разновозрастные тектониты — вязко-пластичные бластомилониты и хрупкие катаклазиты (Читалин, 2019₂).

Таким образом, крупные разломы СЗ-простираения Баимской сдвиговой зоны являются полихронными — они сформировались при складчатости на дорудном этапе как левые сдвиги или взбросо-сдвиги, а на рудном и пострудном этапах были активизированы в реверсном режиме как правые сдвиги.

К рудоконтролирующим сбросам и сдвиго-сбросам субмеридионального простираения (Песчанкинский разлом) приурочены мощные зоны дробления и смятия, субвулканические и гидротермальные образования: штокверки, жилы, небольшие тела флюидогенных (эксплозивно-гидротермальных) брекчий. Зоны повышенной трещиноватости, примыкающие к этим разломам, вмещают линейные Cu—Mo-порфировые штокверки.

На участках Находка и Прямой Находкинского рудного поля при бурении выявлены субгоризонтальные мощные зоны (до 50—100 м) неминерализованных “сухих” катаклазитов и какиритов, ассоциирующих с горизонтальными кулисными прожилками гипса по трещинам отрыва (Читалин и др., 2016). Эти пологие зоны катаклаза и прожилкования пересекают меднорудные штокверки,

¹ Читалин А. Ф., Николаев Ю. Н. Отчет по результатам поисково-оценочных работ на медь и золото в пределах Баимской перспективной площади (Чукотский АО), проведенных в 2009—2014 гг. с оценкой запасов и прогнозных ресурсов / Росгеолфонд; ЧТФГИ по Чукотскому АО; ООО “ГДК Баимская”; ООО “Геохимпоиски СВ”. М.: 2014ф.

линейные тела минерализованных гидротермальных брекчий, эпитермальные золотоносные жилы и связаны, вероятно, с развитием надвигов кайнозойского (?) возраста.

Структурная эволюция Баймской сдвиговой зоны была смоделирована на аналоговой тектонофизической модели с неоднородностями в виде продольных сдвигов и интрузивных тел (Фролова и др., 2019). Моделирование позволило выявить происхождение и распределение на площади потенциально флюидопроницаемых зон растяжения и декомпрессии. Сравнение модели с геологической картой Баймской зоны показало, что участки растяжения на модели хорошо соответствуют известным месторождениям и рудопроявлениям меди, золота, а также перспективным участкам в зонах сочленения разломов, перекрытым аллювиальным чехлом крупных долин. В долинах известны россыпи золота, а в коренных обнажениях на склонах долин выявлены участки метасоматического изменения пород и проявления медно-порфировой и золото-полиметаллической минерализации. Эти участки долин заслуживают проведения поисковых работ на выявление перекрытой аллювием рудной минерализации (Фролова и др., 2019).

РУДНЫЕ ШТОКВЕРКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕСЧАНКА И НАХОДКИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Рудные тела месторождения Песчанка и Находкинского рудного поля (НРП) локализованы в меридиональных линейных кварц-сульфидных штокверках — структурах горизонтального широтного растяжения в зоне Баймского глубинного сдвига. Положение штокверков контролируется системой меридиональных разрывов сбросовой и право-сдвиговой кинематики. Штокверки косо пересекаются протяженными правыми сдвигами СЗ-простираия и сопряженными с последними короткими левыми сдвигами и сбросо-сдвигами СВ-простираия. Более поздние эпитермальные золотоносные кварц-карбонатные жилы и линейные штокверки НРП образуют кулисные ряды в сопряженных меридиональных и широтных сдвиговых зонах (фиг. 3).

Гидротермальное рудоотложение в пределах БРЗ происходило в широком интервале температур (594–104°C) и давлений (1200–170 бар) из водных флюидов с сильно менявшейся соленостью: медно-порфировой — на глубинах 0.8–4.4 км, субэпитермальной — на глубинах 1.0–1.7 км, а эпипитермальной — на глубине около 0.7 км (Николаев и др., 2016₂).

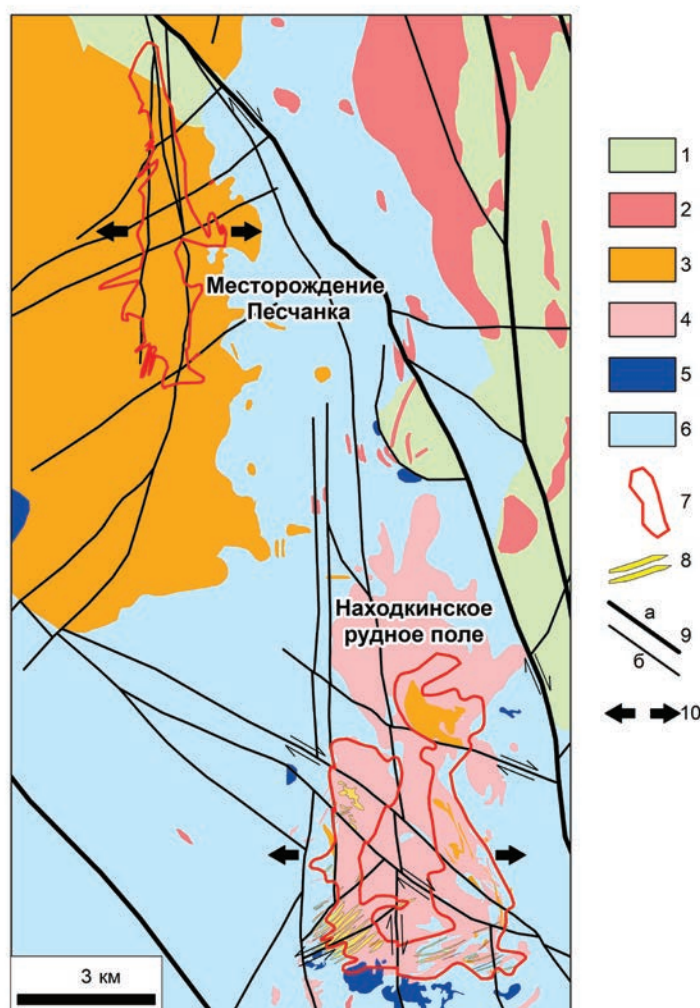
МЕСТОРОЖДЕНИЕ ПЕСЧАНКА

Золото-молибден-медно-порфировое месторождение Песчанка представляет собой линейный полихронный штокверк протяженностью 7 км и шириной до 1 км, разобченный на 3 части (Главный, Центральный и Северный штокверки) пострудными сбросо-сдвигами. Минеральные ресурсы JORC Песчанки (после завершения детальной разведки месторождения в 2017 г.) составили 9.9 млн тонн меди при среднем содержании 0.39% и 16.6 млн унций (516 т) золота при среднем содержании 0.21 г/т (<https://www.kazminerals.com>). Месторождение Песчанка по запасам сопоставимо с недавно выявленным в Хабаровском Крае крупным золото-медно-порфировым месторождением Малмыж (балансовые запасы 8.3 млн т, золота 347.4 т, <https://www.rosnedra.gov.ru/>), расположенным в зоне динамического влияния Центрально-Сихоте-Алинского сдвига (Читалин и др., 2013₂; Soloviev et al., 2019; Читалин, 2021; Петров и др., 2023).

Рудный штокверк (прожилково-вкрапленная кварц-сульфидная минерализация) сформировался по метасоматически измененным монцодиоритам первой фазы и монцодиорит-порфирам второй фазы (Марушенко и др., 2015; Chitalin et al., 2021, фиг. 4). Рудные тела имеют форму мощных пластин крутого западного и восточного падения, которые на отдельных разрезах смыкаются в виде арки в осевой части месторождения. Ниже зоны окисления (30–150 м) и внутри нее выделяется слабо проявленная зона вторичного сульфидного обогащения (халькозин, ковеллин).

По данным глубинной геофизики (аудио-магнито-теллурическое зондирование), рудный штокверк месторождения Песчанка прослеживается до глубины 1 км, что подтвердилось глубоким бурением. Рудный штокверк картируется интенсивной аномалией вызванной поляризации и аномалией низкого кажущегося сопротивления, отрицательной аномалией магнитного поля. Магнитный минимум обусловлен демагнетизацией пород — замещением гематитом первичного магматического и вторичного гидротермального магнетита (Читалин, Николаев, 2014).

На месторождении Песчанка установлена классическая рудная зональность, от центра к периферии выделяется: богатое борнитовое ядро, промежуточная халькопиритовая зона и внешняя пиритовая оболочка, совпадающая с пропилитами (фиг. 5). Соотношение зон метасоматоза и рудной минерализации в плане (по стадиям развития) показано на фиг. 6. Рудная минерализация находится в контуре биотит-калишпат-кварцевых метасоматитов, которые на флангах месторождения

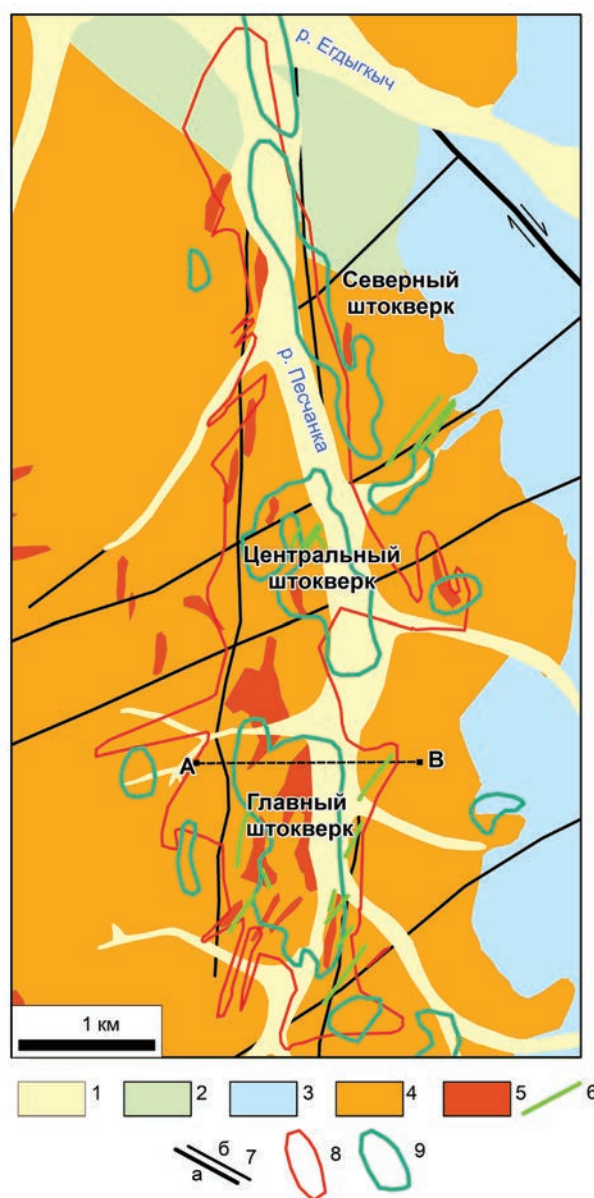


Фиг. 3. Структурное положение месторождения Песчанка и Находкинское рудное поле в Байкальской свдиговой зоне (по Chitalin et al., 2022, с изменениями). 1 — пострудные угленосные терригенные отложения айнахургенской свиты; 2–4 — раннемеловые интрузивные образования: 2 — позднеальбские гранитоиды, 3 — монцитонитовиды егдыгкычского комплекса, 4 — диоритовые порфириды весеннинского комплекса; 5 — позднеюрские габброиды баимского комплекса; 6 — верхнеюрские вулканогенно-осадочные отложения; 7 — проекция контура медной минерализации; 8 — линейные штокверки и жилы эпитеpмальной золото-серебряной минерализации; 9 — свдиги, сбросо-свдиги и свдиго-сбросы: а — крупные; б — прочие; полустрелками показана кинематика свдигов; 10 — направление горизонтального растяжения в Байкальской свдиговой зоне на этапе формирования медно-порфировых штокверков.

сменяются эпидот-хлорит-актинолитовыми пропилитами по монцитодиоритам и вмещающим их ороговикованным вулканогенно-осадочным породам верхней юры.

Согласно данным предшественников и нашим наблюдениям (Chitalin et al., 2012), многочисленные разномасштабные линейные зоны (D-veins) кварц-серицитовых метасоматитов, несущих рудную минерализацию, образуют метасоматический штокверк, наложенный на биотит-калишпат-кварцевые метасоматиты и частично на пропилиты. В штокверке преобладают крутопадающие зоны СВ-простираия и, в меньшем количестве,

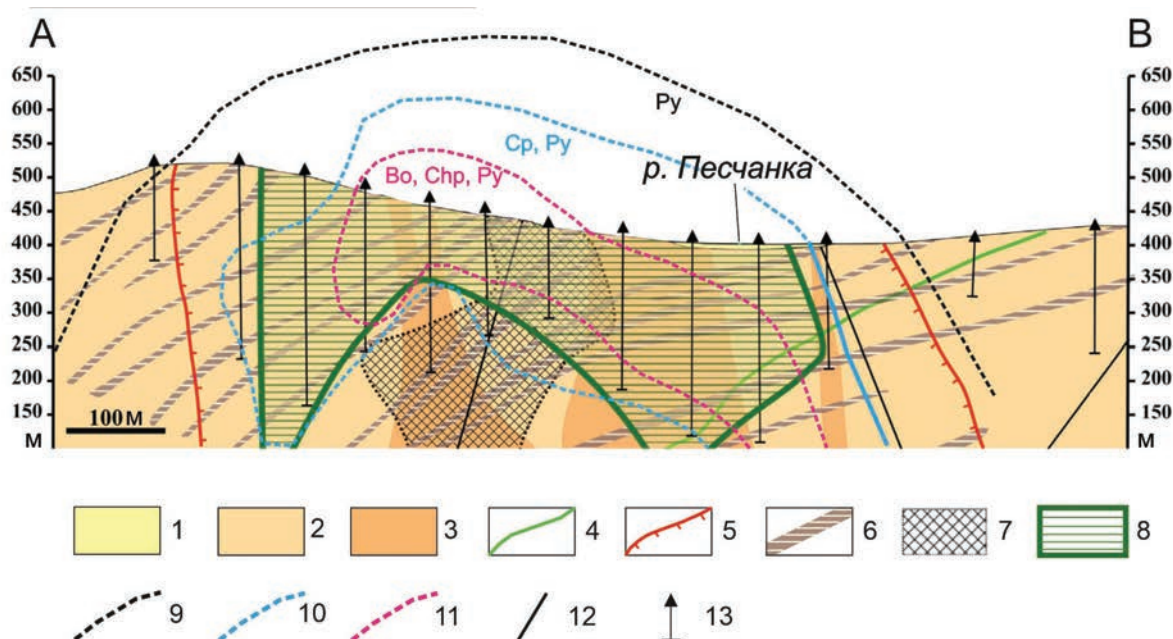
СЗ-простираия; редко отмечаются пологие зоны. Зоны кварц-серицитовых пород обладают деформационно-метасоматической полосчатостью; они развивались как трещины скалывания свдигового типа, которые сначала контролировали раннюю калишпатизацию, а затем более поздний кварц-серицитовый метасоматоз и рудную прожилково-вкрапленную минерализацию. На флангах месторождения, в пиритовой оболочке отмечены зоны кварц-серицитовых метасоматитов только с пиритом или вовсе не содержащие рудных минералов. Наличие безрудных метасоматитов, вероятно, свидетельствует об их образовании до



Фиг. 4. Схематизированная геологическая карта месторождения Песчанка (по Chitalin et al., 2021; Джеджея, Сидорина, 2019, с изменениями и дополнениями). 1 — четвертичный аллювий; 2 — нижнемеловые угленосные терригенные отложения айнакургенской свиты; 3 — вулканогенно-терригенные отложения верхней юры; 4–5 — интрузивные породы егдыкычского комплекса: 4 — монцодиориты первой фазы, 5 — кварцевые монзонит-порфиры и кварцевые монцодиорит-порфиры второй фазы и кварцевые сиенит-порфиры третьей фазы; 6 — позднемеловые дайки андезитов; 7 — разрывные нарушения: а — Егдыкычский правый сдвиг; б — сдвиги и сбросо-сдвиги; 8 — проекция контура медной минерализации; 9 — ядерные части аномальных геохимических полей. Пунктирной линией показана линия разреза на фиг. 5.

отложения рудных минералов. Нередко в зонах кварц-серицитовых метасоматитов отмечены более поздние тектонические брекчии с каолинитовым цементом, в котором отмечаются крупные недеформированные кубические кристаллы пирита поздней стадии минерализации. В осевой части штокверка в кварц-серицитовых метасоматитах локально отмечены линзы полнопроявленных кварцевых метасоматитов (“вторичных кварцитов”).

Кварц-серицитовые и биотит-калишпат-кварцевые метасоматиты пересекаются кварцевыми и сульфидно-кварцевыми прожилками выполнения, также образующими штокверк. Кварц в прожилках светло-серый, иногда тонкополосчатый темно-серый за счет пылевидных скоплений молибденита. Сульфиды (борнит, халькопирит, пирит, молибденит, блеклая руда) наложены на кварцевые прожилки, концентрируясь в их зальбандах,



Фиг. 5. Схематический геологический разрез Главного штоковрка месторождения Песчанка (по Chitalin et al., 2021, с изменениями). Линия разреза показана на фиг. 4. 1 — четвертичный аллювий; 2 — монцодиориты первой фазы; 3 — кварцевые монцитит-порфиры и кварцевые монцитит-порфиры второй фазы; 4 — позднемеловые дайки андезитов; 5 — контур биотит-калийшпат-кварцевых метасоматитов; 6 — субвертикальные зоны кварц-серицитовых метасоматитов (пологое залегание зон — кажущееся за счет косо́го сечения); 7 — кварцевый штоковрек; 8 — область медной минерализации по борту 0.2% условной меди; 9–11 — контуры минеральных зон рудной зональности: 9 — пиритовой (Py), 10 — халькопиритовой (Cp), 11 — борнитовой (Bo); 12 — разрывные нарушения; 13 — разведочные скважины.

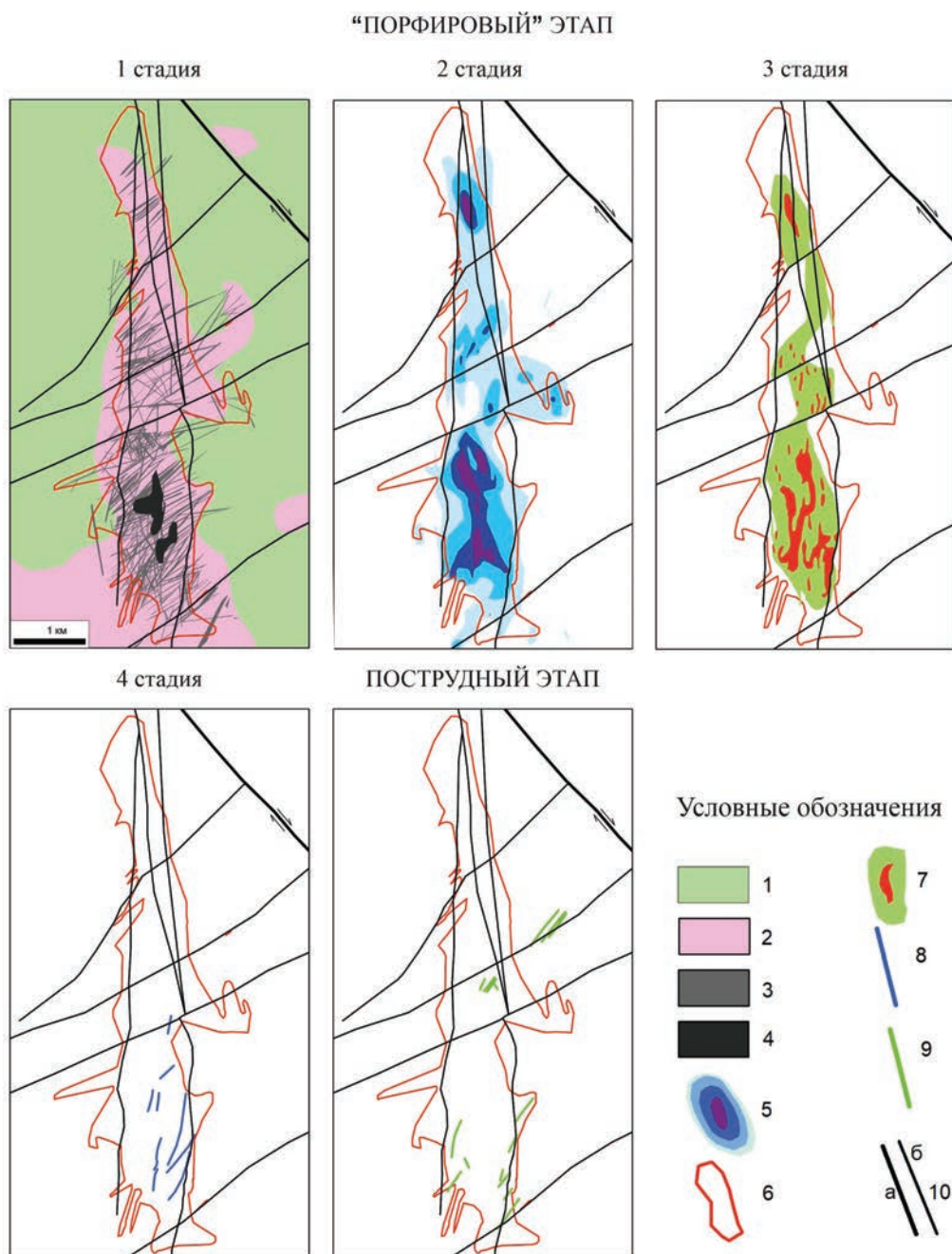
а также в секущих жильный кварц и вмещающие породы трещинах и микрозонках дробления, где часто ассоциируют с более поздним белым кварцем, цементирующим обломки серого кварца.

По объемному количеству жильного кварца в кварцевом штоковрке выделяются линзовидные ядерные части, где мощность прожилков кварца достигает нескольких сантиметров, а суммарный объем кварцевых прожилков — 10% и более. Как правило, ядерные части кварцевого штоковрка не несут сульфидной минерализации, или она крайне убогая. Выделяется до четырех систем кварцевых прожилков одной генерации, образующих сетчатый каркас штоковрка; редко отмечаются секущие их кварцевые прожилки второй генерации. Преобладают меридиональные вертикальные прожилки, заполняющие извилистые трещины отрыва. Участки обильного содержания борнита и халькопирита в таких прожилках распределены в объеме штоковрка неравномерно и образуют богатые медью зоны и линзы, как правило, крутопадающие и часто кулисные в плане.

Наиболее поздними являются меридиональные крутопадающие золотоносные (до 5 г/т) сульфидные жилы, которые в осевой зоне штоковрка выполняют трещины отрыва. Вероятно, эти жилы возникли на

субэпитеpмальной стадии развития рудной системы. Стадии развития рудного штоковрка месторождения Песчанка показаны на фиг. 6.

В течение “порфирового” этапа на первой стадии развивались метасоматиты — на флангах структуры — пропилиты, в ядре — биотит-калийшпат-кварцевые, кварц-серицитовые и полнопроявленные кварцевые метасоматиты (“вторичные кварциты”). На втором этапе был сформирован кварцевый штоковрек, в структуре которого преобладают меридиональные субвертикальные прожилки по трещинам отрыва. На третьей, собственно рудной, стадии сформировалась полихронная сульфидная минерализация прожилково-вкрапленного типа, наложившаяся на дорудные метасоматиты и кварцевые прожилки. Меридиональные крутопадающие зоны богатой борнит-халькопиритовой минерализации наследуют зоны интенсивного и обильного кварцевого прожилкования в структурах горизонтального растяжения, а также образуют кулисные локальные структуры в зонах сдвиговых деформаций внутри штоковрка. На четвертой (позднерудной) стадии в осевой части штоковрка сформировались золотоносные сульфидно-кварцевые жилы субэпитеpмального типа. На пострудном этапе



Фиг. 6. Основные стадии развития рудного штоковерка месторождения Песчанка (по Читалину, 2021, с изменениями). Пояснения в тексте. Условные обозначения: 1—4 метасоматиты: 1 — пропилиты, 2 — биотит-калийшпат-кварцевые, 3 — кварц-серicitовые, 4 — кварцевые полнопроявленные; 5 — объемный процент жильного кварца в штоковерке (изолинии 0.1, 1, 5, 10%); 6 — проекция контура медной минерализации; 7 — рудное тело по борту 0.2% условной меди (зеленый цвет) и богатые рудные линзы по борту 0.6% меди (красный цвет); 8 — золотоносные сульфидные жилы; 9 — пострудные дайки андезибазальтов; 10 — разрывные нарушения: а — Егдыкычский правый сдвиг, б — сдвиги и сбросо-сдвиги.

внедрялись дайки андезитов позднемелового(?) возраста, которые залечивали трещины и разрывы ранних стадий.

Структурно-кинематическая модель месторождения Песчанка (Chitalin et al., 2012, 2020; Читалин, 2019_{1,2}) отражает длительную структурную

эволюцию минерализованного линейного штоковерка. Меридиональный линейный штоковерк представляет собой структуру горизонтального растяжения в зоне крупного Песчанкинского разлома, кинематически являвшегося правым сдвиго-сбросом. Рудолокализирующими в штоковерке

являются дорудные структуры: зоны кварц-серицитового метасоматоза по трещинам скалывания преимущественно СВ-простираия (левые сдвиги), а также кварцевые жилы и прожилки, выполняющие трещины отрыва преимущественно меридионального простираия. Меридиональное простираие имеют и линзовидные зоны богатой медной минерализации в штокверке, локализованные в структурных ловушках — крутопадающих структурах растяжения. Рудный штокверк и ассоциирующие с ним сдвиги-сбросы и сбросо-сдвиги сформировались в обстановке широтного горизонтального растяжения и меридионального горизонтального сжатия в зоне правого сдвига вдоль Баимского глубинного разлома (см. фиг. 3).

НАХОДКИНСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ

Находкинское рудное поле (НРП) находится на западном фланге одноименной крупной порфирово-эпитеpмальной системы с эродированным золото-серебряным эпитеpмальным оруденением в центральной части и неэродированным на флангах.

На участках **Находка**, **Прямой** и **3-й Весенний** Находкинского рудного поля запасы и ресурсы медно-порфировых руд участков по состоянию на 1.01.2014 г. составили: запасы категории C_2 —4.7 млн т меди, 75.6 тыс. т молибдена, 345 т золота, 1576 т серебра; ресурсы категорий P_1+P_2 —1.6 млн т меди, 36.1 тыс. т молибдена, 121 т золота, 512 т серебра (Читалин, Николаев, 2014).

НРП включает южную часть слабо эродированного Верхне-Баимского гипабиссального штока диорит-порфиров раннемелового весеннинского комплекса. Шток интродуирует вулканогенно-осадочные отложения верхней юры и позднеюрские габброиды и нарушен сдвигами и сбросо-сдвигами с амплитудами смещений до 1 км (фиг. 7).

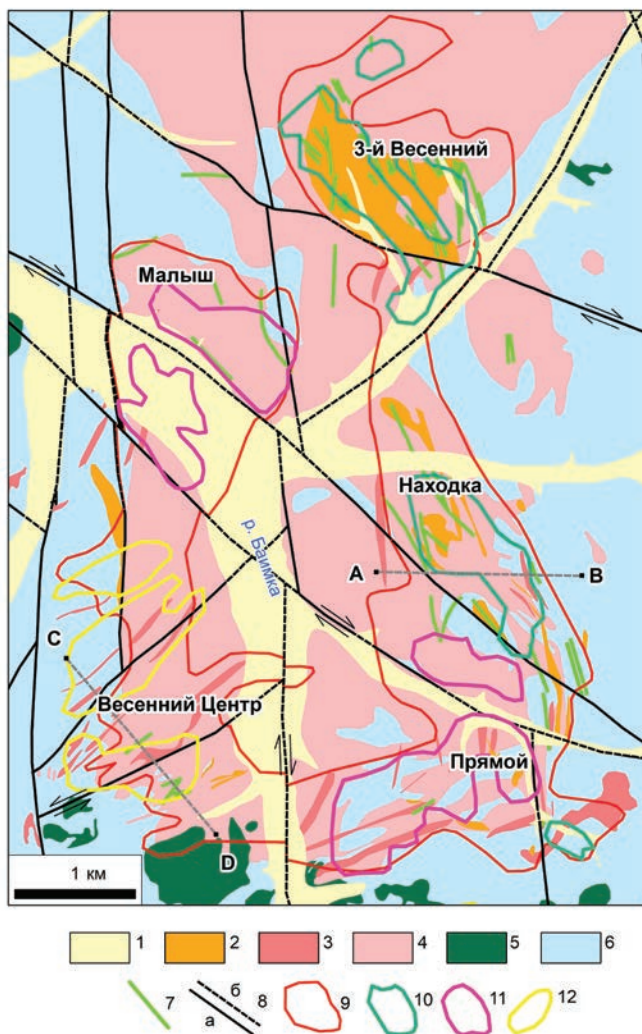
Верхне-Баимский шток сложен среднезернистыми диорит-порфиридами первой фазы, прорванными дайкообразными телами крупнопорфировых диорит-порфиров и кварцевых диорит-порфиров второй фазы. Порода обеих фаз интродуированы небольшими телами раннемеловых монцонитоидов егдыгкычского комплекса, с которыми ассоциирует медно-порфировая минерализация. U-Pb возраст циркона кварцевых диорит-порфиров и монцодиорит-порфиров одинаковый — 139–141 млн лет (Нагорная, 2013; Читалин и др., 2013₁, 2016, 2019). Этот факт позволяет предположить, что диоритовые порфириты могут быть отнесены не к весеннинскому комплексу, а к егдыгкычскому.

Проекция на дневной поверхности площади прожилково-вкрапленной золото-молибден-медной минерализации соответствует в целом эндоконтактовой зоне Верхне-Баимского штока. Промышленное оруденение в виде сближенных протяженных линейных штокверков минерализованных кварцевых прожилков и гидротермальных брекчий, как и на Песчанке, развито в кварц-серицитовых метасоматитах — преимущественно в восточной части штока, где диоритовые порфириты интродуированы мелкими линейными телами монцодиоритов егдыгкычского комплекса. Здесь выделяется три участка (3-й Весенний, Находка и Прямой), в пределах которых разведочным бурением глубиной до 600 м оконтурено несколько субмеридиональных линзовидных кулисообразных рудных тел крутого падения и мощностью до 150 м. На участке Находка медная минерализация не оконтурена полностью ни на глубину, ни на флангах, поэтому в пределах рудного штокверка возможно выявление новых рудных тел.

В меднорудных штокверках НРП, помимо крутопадающих рудных прожилков, отмечаются пологие и субгоризонтальные прожилки, выполняющие контракционные (?) трещины, которые при горизонтальном сжатии были приоткрыты и минерализованы. Поэтому в штокверках присутствуют не только субвертикальные, но и субгоризонтальные зоны богатой гипогенной медной минерализации (Читалин и др., 2016, 2019).

Установлено, что самой ранней является медно-молибден-порфировая минерализация, выявленная на участке Малыш и на западном фланге — на участке Прямой. Она предшествует продуктивной золото-медно-порфировой минерализации. Re-Os возраст молибденита 137.9 ± 0.3 млн лет согласуется с U-Pb возрастом магматического циркона и подтверждает парагенетическую связь гидротермальной минерализации с монцонитоидами егдыгкычского комплекса (Нагорная, 2013).

Контур медной минерализации имеет очертания подковы (незамкнутого на севере параллелограмма, стороны которого соответствуют осям линейных рудных штокверков). В пределах штокверков широко развиты дорудные зоны интенсивного кварц-серицитового метасоматоза (филлизитов), преимущественно северо-западного и северо-восточного простираия, реже широтного или меридионального. В метасоматитах развита полосчатость, вероятно, деформационного происхождения, по которой отмечаются зеркала скольжения сдвигового типа. Протяженность зон филлизитов варьирует от десятков до сотен метров, а мощность — от нескольких сантиметров



Фиг. 7. Схематическая геологическая карта Находкинского рудного поля (по Chitalin et al., 2022; Сидорина, 2015, 2016, с изменениями). 1 — четвертичный аллювий, 2–4 — раннемеловые интрузии: 2 — монцодиориты и кварцевые монцит-порфиры егдыгычского комплекса, 3 — кварцевые диоритовые порфиры второй фазы весеннинского комплекса, 4 — кварцевые диоритовые порфиры первой фазы весеннинского комплекса; 5 — позднеюрские габбродиориты; 6 — верхнеюрские вулканогенно-осадочные отложения; 7 — позднемеловые дайки андезитов; 8 — разрывы: а — достоверные; б — предполагаемые под четвертичными отложениями; 9 — проекция контура медной минерализации на дневной поверхности; 10–12 — ядерные части аномальных геохимических полей: 10 — медно-порфировых, 11 — медно-молибден-порфировых, 12 — золото-серебряных. А-В, С-Д — линии разрезов, показанных на фиг. 8 и фиг. 9.

до первых метров. Зоны филлизитов развиты как в интрузивных породах, так в пропилитизированных вмещающих вулканогенно-осадочных породах. В осевых частях мощных зон филлизитов нередко развиты тектонические брекчии, состоящие из остроугольных или слабо оглаженных обломков филлизитов, сцементированных каолинитом. В этом цементе встречаются недеформированные крупные кристаллы позднего пирита.

В пределах НРП в контуре медной минерализации откартированы многочисленные линейные тела (линзы) полнопроявленных кварцевых

метасоматитов (“вторичных кварцитов”), которые образовались раньше зон филлизитов и кварцевых штокверков. Линзы кварцевых метасоматитов имеют преимущественно меридиональное, реже северо-восточное простирание, они залечивают небольшие разрывы и трещины. “Вторичные кварциты” являются весьма плотными малопроницаемыми породами и практически не содержат рудных минералов, за исключением участков пересечения их более поздними минерализованными трещинами и прожилками.

Гидротермальные брекчии, часто рудоносные, широко развиты в пределах всего НРП. Они образуют линзовидные тела преимущественно меридионального простирания, часто наследуют линейные зоны филлизитов. Брекчии содержат в основном обломки вмещающих метасоматически измененных интрузивных пород, нередко рассеченных кварц-сульфидными прожилками; реже встречаются обломки аллохтонных пород — андезибазальтов. Цемент брекчий представлен гидротермальными минералами: кварцем, карбонатом, гематитом, магнетитом, сульфидами (халькопирит, пирит, борнит). Установлены текстуры “обломок в обломке”, что свидетельствует о многоактном формировании гидротермальных брекчий. Иногда гидротермальные брекчии наследуют интрузивные брекчии в диоритовых порфиритах. Согласно классической модели (Sillitoe, 2010), гидротермальные брекчии характерны для верхнего уровня медно-порфировой системы. Гидротермальные брекчии пересекаются эпитеpmальными кварц-карбонатными жилами и прожилками, а также пострудными дайками андезитов.

На участке Находка $\text{Cu-Au}\pm\text{Mo}$ штокверк имеет ширину до 600 м и вытянут в ССЗ направлении на 2000 м. Установлена рудная зональность, свойственная медно-порфировым месторождениям (Lowell, Guilbert, 1970): борнитовое ядро с богатыми рудами окаймляется халькопиритовой зоной и затем пиритовой оболочкой. На Находке выделяется два сближенных борнитовых ядра (фиг. 8), состоящих из зон с богатой минерализацией, имеющих меридиональное простирание и располагающихся в плане кулисно. Эти зоны совпадают с линейными кварцевыми штокверками, в которых объем прожилков достигает 10% и более. Медно-сульфидная прожилково-вкрапленная минерализация наложена на кварцевые прожилки и вмещающие их более ранние метасоматиты. Кварц-сульфидные линейные штокверки являются структурами горизонтального широтного растяжения.

Западная и южная части Находкинского рудного поля характеризуются интенсивной эпитеpmальной золото-серебряной минерализацией жильно-прожилкового типа, наложенной на сильно метасоматически окварцованные диоритовые порфириды и вмещающие их верхнеюрские андезиты и их туфы. Золотоносные полосчатые кварц-карбонатные прожилки и жилы пересекают кварц-медносульфидные прожилки и гидротермальные брекчии медно-порфирового этапа.

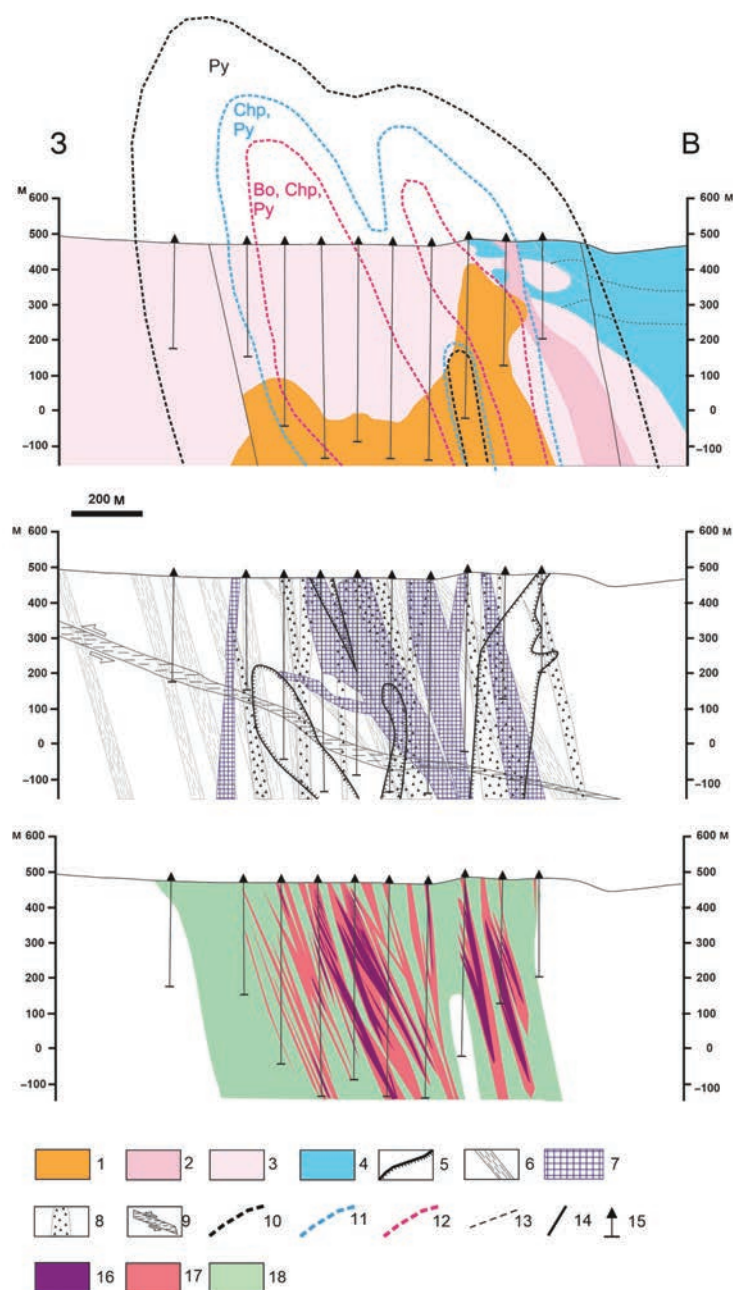
На участке Весенний, где предшественниками выявлено одноименное жильное

золото-серебряное месторождение, в результате наших работ установлено крупнообъемное штокверковое оруденение с бедными рудами. Суммарные ресурсы P_2+P_1 крупнообъемной эпитеpmальной жильно-штокверковой минерализации оцениваются в 359 т золота и 3099 т серебра. Ресурсная база участка Весенний может составить не менее 500–600 т золота при средних содержаниях 1.0–1.5 г/т (Читалин и др., 2019).

По данным поисково-оценочных горно-буровых работ, ленточные крутопадающие рудные тела представлены минерализованными зонами, включающими участки брекчирования с жилородными образованиями типа линз кварцевых метасоматитов (“вторичных кварцитов”) и родохрозит-кварцевых жил выполнения. Повышенное содержание золота приурочено к катаклазированным кварц-серицитовым метасоматитам и “вторичным кварцитам”, которые пересечены гидротермальными брекчиями с сульфидно-кварц-карбонатным цементом, карбонатно-кварцевыми жилами, зонами прожилкового окварцевания. Рудные тела в кварц-карбонатных штокверках и жилах оконтуриваются по данным опробования и имеют в плане форму линз северо-восточного простирания. Длина рудных тел превышает 800 м, ширина достигает 80 м (фиг. 9). Эпитеpmальные жилы и штокверки пересекают минерализованные структуры медно-порфирового этапа — зоны кварц-серицитовых метасоматитов, кварц-сульфидные штокверки и гидротермальные брекчии. В керне скважин видно, что эпитеpmальные полосчатые жилы пересекают и “съедают” сульфидно-кварцевые прожилки.

Эпитеpmальная минерализация сформировалась в результате неоднократных тектонических подвижек и приоткрывания трещинных структур, ранних прожилков. Для многих жил характерно сложное внутреннее строение со следами неоднократного выполнения. Структурные стереограммы полюсов трещин и мелких разрывов, зон филлизитов и кварцевых прожилков, построенные по данным документации канав геологами ЗАО “Сибгеоконсалтинг”, показывают преобладание на участке Весенний крутопадающих структур СВ-простирания, для которых установлена левосдвиговая кинематика смещений (Читалин и др., 2016).

Объемная модель выявленных рудных залежей Находкинского рудного поля показана на фиг. 10. Отмечается смещение молибден-порфировой минерализации к внутренней зоне медного штокверка и наложение эпитеpmальных золото-серебряных линейных штокверков на молибденовый

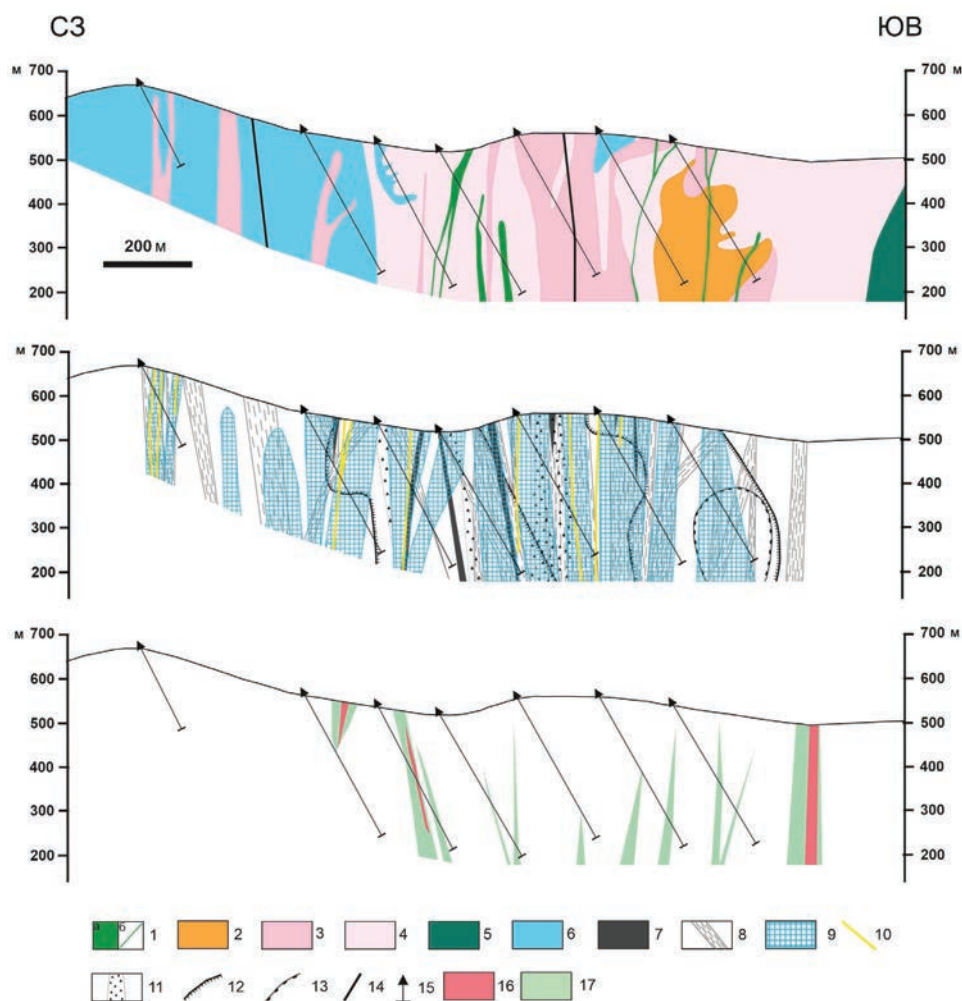


Фиг. 8. Геологический разрез участка Находка (по Chitalin et al., 2022, с изменениями). Линия разреза А—В показана на фиг. 7.

1 — монцодиориты, кварцевые монзонит-порфиры егдыкычского комплекса; 2–3 —весеннинский интрузивный комплекс: 2 — кварцевые диорит-порфиры второй фазы, 3 — кварцевые диорит-порфиры первой фазы; 4 — верхнеюрские вулканогенно-осадочные отложения; 5 — контур калишпатизации; 6 — зоны интенсивного кварц-серицитового метасоматоза; 7 — кварцевый штокверк; 8 — гидротермальные брекчии; 9 — пострудные надвиговые зоны с горизонтальными гипс-кальцитовыми прожилками по трещинам отрыва; 10–12 — контуры минеральных зон рудной зональности: 10 — пиритовой (Py), 11 — халькопиритовой (Ср), 12 — борнитовой (Bo); 13 — слоистость; 14 — разрывные нарушения; 15 — разведочные скважины; 16–18 — рудные зоны с содержаниями меди: 16 — более 0.5%, 17—0.3–0.5%, 18—0.1–0.3%.

и медно-порфировый штокверки. “Пустой” западный фланг НРП на модели объясняется его слабой изученностью бурением. По геолого-структурным и минералого-геохимическим данным нами прогнозируется обнаружение на северном фланге

участка Весенний промышленных эпитермальной и медно-порфировой (на глубине) минерализации. Поисково-заверочные скважины на некоторых вторичных золотых аномалиях пересекали крутопадающие золотоносные эпитермальные



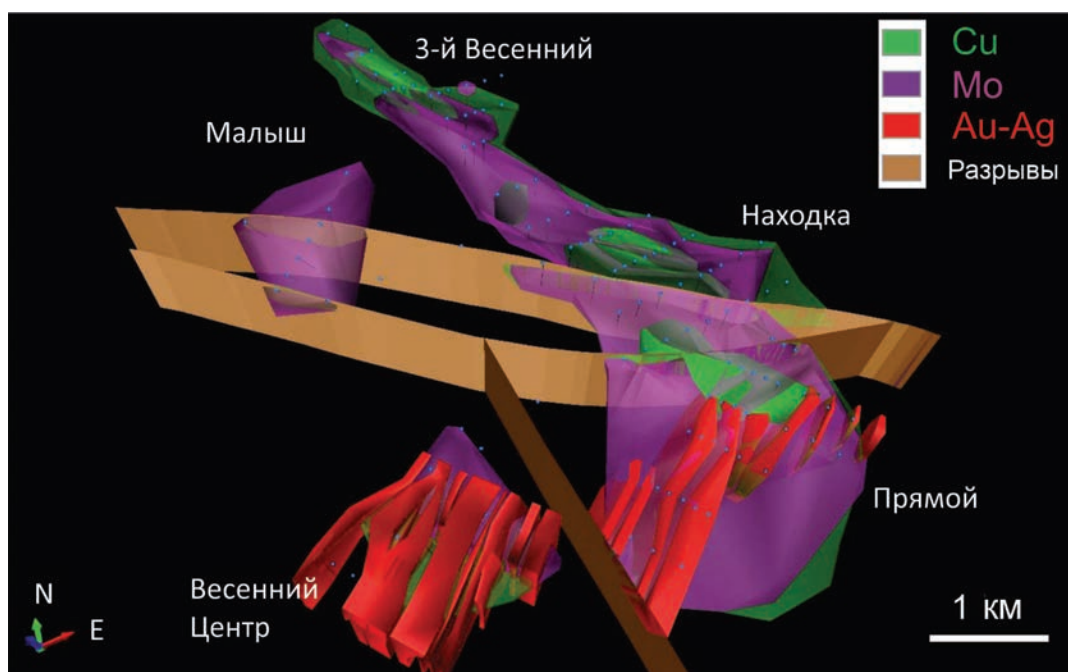
Фиг. 9. Геологический разрез участка Весенний (по Chitalin et al., 2022, с изменениями). Линия разреза С—D показана на фиг. 7.

1 — субвулканические тела (а) и дайки (б) позднемеловых андезитов; 2 — монцодиориты, кварцевые монцонит-порфиры егдыгкынского комплекса; 3–4 весеннинский интрузивный комплекс: 3 — кварцевые диорит-порфиры второй фазы, 4 — кварцевые диорит-порфиры первой фазы; 5 — габброиды позднеюрского баимского комплекса; 6 — верхнеюрские вулканогенно-осадочные отложения; 7 — полнопроявленные кварцевые метасоматиты (“вторичные кварциты”); 8 — зоны интенсивного кварц-серицитового метасоматоза; 9–10 — эпитеpмальные золотоносные кварц-карбонатные штокверки (9) и жилы (10); 11 — гидротермальные брекчии; 12 — контур калишпатизации, 13 — контур биотитизации; 14 — разрывные нарушения; 15 — разведочные скважины, 16–17 — рудные зоны с содержаниями меди: 16–0.3–0.5%, 17–0.1–0.3%.

кварц-карбонатные жилы и линейные штокверки, которые выполняют структуры растяжения — трещины отрыва и приоткрытые сколы (Сидорина, 2015, 2016; Николаев и др., 2011, 2013; Читалин и др., 2016, 2019). Стадии эволюции Находкинского рудного поля показаны на фиг. 11.

Штокверковая минерализация мезотермального “порфирового” этапа развивалась в три стадии (1 — метасоматоз, 2 — кварцевый штокверк, 3 — сульфидная минерализация), которые в целом совпадают с таковыми на месторождении Песчанка. На НРП широко проявлена также 4-я

стадия — гидротермальных брекчий, завершающая собственно “порфировый” этап. Отдельно выделяется этап золото-серебряной эпитеpмальной минерализации. Пострудный этап характеризуется внедрением пострудных даек андезитов позднемелового (?) возраста, образованием сопряженных левых и правых сдвигов, активизацией дорудных и синрудных разрывов. Предположительно в кайнозой образовались пологие надвиги, сопровождаемые “сухими” катаклазитами (какиритами) и субгоризонтальными кулисными гипс-ангидритовыми прожилками по трещинам отрыва.



Фиг. 10. Объемная модель рудных залежей Находкинского рудного поля (Читалин и др., 2016, изменено). Пояснения в тексте.

Согласно разработанным структурно-кинематическим моделям медно-порфировой и эпиптермальной минерализации НРП, зоны метасоматитов, кварц-сульфидные штокверки и гидротермальные брекчии порфирового этапа сформировались в локальных меридиональных структурах горизонтального широтного растяжения и в сдвиговых структурах — правосторонних СЗ-простириания и левосторонних СВ-простириания. Этот парагенез рудоконтролирующих структур образовался в зоне глубинного правостороннего Баимского сдвига. Формирование более поздней жильно-штокверковой Au-Ag минерализации эпиптермального типа контролировалось эшелонированными сдвиговыми структурами меридионального и широтного простириания (Читалин, 2019; Читалин и др., 2016, 2019; Chitalin et al., 2012, 2022).

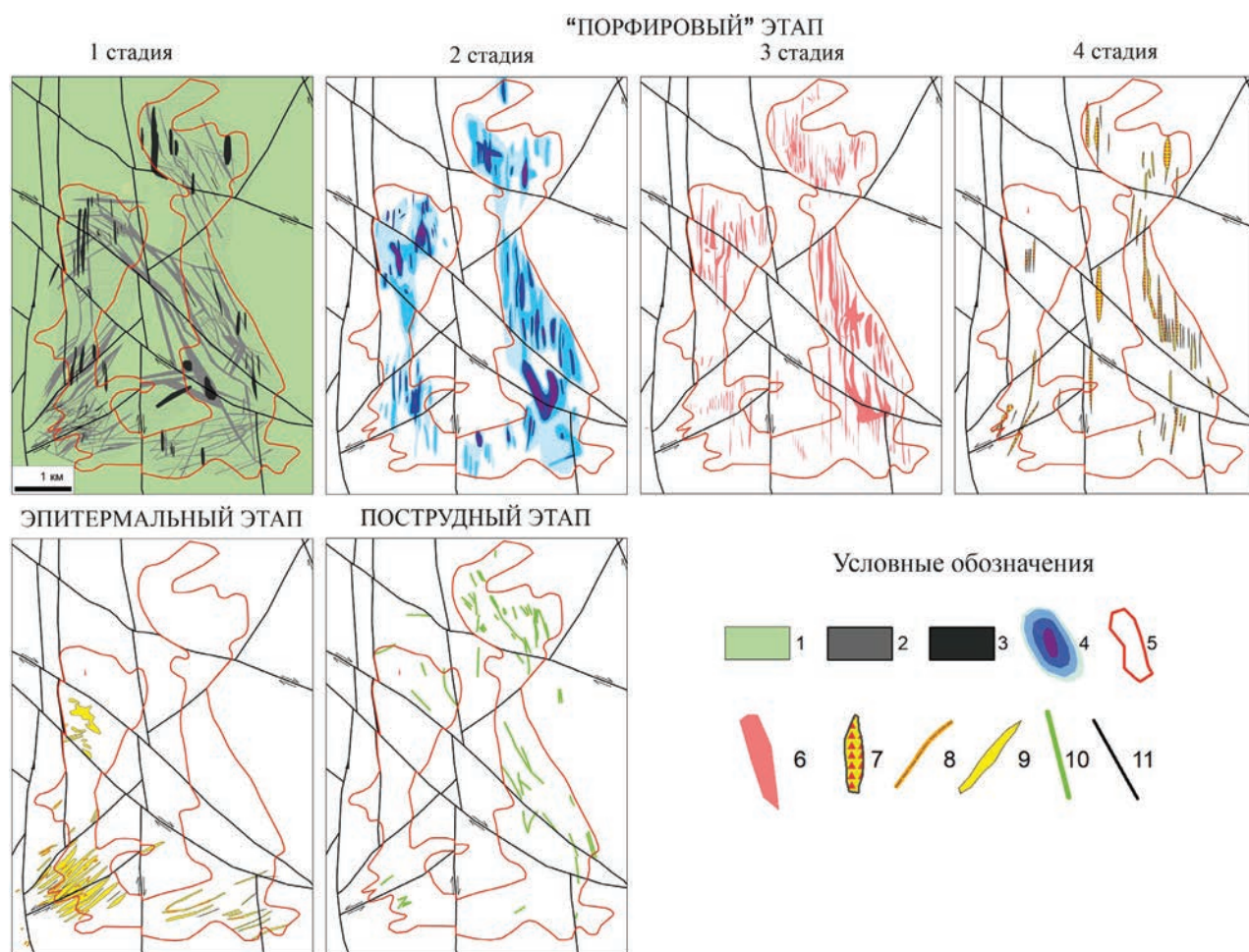
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОЛЯ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ

В процессе геохимических поисков был собран обширный фактический материал по геохимии вторичных ореолов рассеяния, образующих аномальные геохимические поля (АГХП) в центральной части БРЗ (фиг. 12). Этот материал дополнился результатами ICP-OES анализа керновых проб и минералогическим описанием керна скважин месторождения Песчанка и НРП (выполненного геологами ОАО «Сибгеоконсалтинг»). Полученные данные позволили выявить геохимическую

зональность рассматриваемых объектов. Поскольку установленные закономерности геохимической зональности подробно рассмотрены в работах (Джеджея, Сидорина, 2018; Джеджея, 2019; Николаев и др., 2011, 2013, 2014, 2016₁, 2016₂; Сидорина, 2015, 2016; Читалин и др., 2013₁, 2016, 2019; Читалин, Николаев, 2014), то здесь ограничимся лишь основными выводами.

АГХП состоят из ядерной, промежуточной и внешней зон, отражающих геохимические ассоциации разной интенсивности. В контурах АГХП большинство вторичных геохимических аномалий меди, молибдена, золота и других элементов имеют в основном линейные очертания и вытянуты в меридиональном, северо-западном и северо-восточном направлениях, вдоль рудоконтролирующих разрывов. Наиболее интенсивные и крупные аномалии совпадают с меридиональными разрывами растяжения — сбросами и сдвиго-сбросами, которые контролируют рудные штокверки. Аномалии СВ- и СЗ-простириания совпадают с разрывами и зонами трещиноватости сдвигового типа. Контурные разведанных медно-порфировых штокверков месторождения Песчанка, НРП и более мелких рудопоявлений совпадают с контурами ядерных и промежуточных зон АГХП.

В БРЗ медно-порфировое и ассоциирующее с ним эпиптермальное оруденение формируют порфирово-эпиптермальные рудные системы (ПЭС) (см. фиг. 12). Основные особенности строения



Фиг. 11. Этапы и стадии развития рудной минерализации Находкинского рудного поля (по Читалин и др., 2019; Chitalin et al., 2022), с изменениями). Пояснения в тексте. Условные обозначения: 1–3 — метасоматиты: 1 — пропилиты, 2 — кварц-серicitовые, 3 — кварцевые полнопроявленные; 4 — объемный процент жильного кварца в штоковке (изолинии 0.1, 1, 5, 10%); 5 — проекция контура медной минерализации; 6 — богатые рудные линзы по борту 0.6% меди; 7 — гидротермальные брекчии; 8–9 — эпитеpмальные золотоносные карбонат-кварцевые образования: 8 — жилы, 9 — штоковки; 10 — пострудные дайки андезибазальтов; 11 — сдвиги и сбросо-сдвиги (полустрелками показана кинематика).

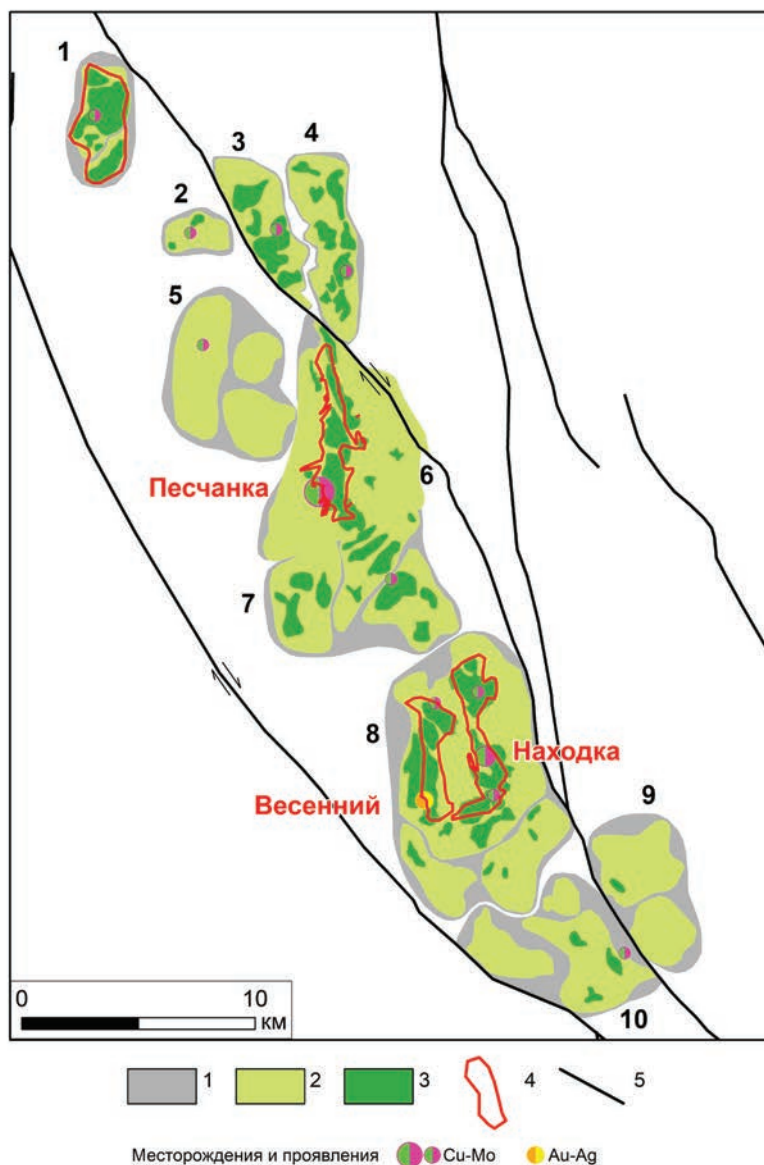
ПЭС согласуются с «классической» моделью порфировой системы, в ядре которой локализуется Cu-порфировая минерализация, в верхней части — Au ± Ag ± Cu руды, а на периферии Zn-Pb-Ag-Au жильные системы (Sillitoe, 2010). Указанные типы по-разному сочетаются в ПЭС Баймской зоны, что находит отражение в составе и строении их АГХП.

По геохимическим данным месторождение Песчанка является слабо эродированным (Джеджея, 2019). Перспективы продолжения оруденения на глубину наиболее высокие для Главного штоковка, умеренные — для Северного и Центрального штоковков. Эти выводы подкрепляются результатами исследований флюидных включений в кварце из разных минеральных ассоциаций рудных прожилков и флюорите поздних прожилков месторождения Песчанка (Николаев

и др., 2014). Глубокие разведочные скважины на Главном штоковке пересекли промышленную минерализацию на глубине 700 м (Читалин, Николаев, 2014).

В пределах Находкинского рудного поля эрозионный срез проявления Находка среднерудный. Для проявления Прямой предполагается верхнее-среднерудный срез. Наименее сохранилась порфирово-эпитеpмальная система в районе проявления III Весенний, эрозионный срез которого соответствует нижнерудному. На месторождении Весеннее, напротив, широко проявлена верхняя часть порфирово-эпитеpмальной системы (Сидорина, 2015, 2016).

Южнее НРП, в пределах Светлинской ПЭС (см. фиг. 12), выявлены новые перспективные участки,



Фиг. 12. Аномальные геохимические поля центральной части Байкальской рудной зоны (по Сидориной, 2016; Джедже, 2019, с изменениями и дополнениями). 1 — Порфирово-эпитермальные системы; 2 — АГХП — внешняя зона; 3 — АГХП — промежуточная и ядерная зоны объединенные; 4 — контуры медно-порфировых штокверков по результатам ГРР; 5 — крупные правые сдвиги Байкальской сдвиговой зоны (полустрелками показана кинематика). Цифрами обозначены порфирово-эпитермальные системы: 1 — Юряхская, 2 — Топь, 3 — Егдыгкычская, 4 — Кустовская, 5 — Западно-Песчанкинская, 6 — Песчанкинская, 7 — Таллахская, 8 — Находкинская, 9 — Омчакская, 10 — Светлинская.

где вероятно обнаружение слабо эродированной промышленной минерализации медно-порфирового и золото-серебряного эпитермального типов. Одним из таких участков является проявление Правое Светлое, где выявлены комплексные литогеохимические аномалии меди, молибдена, золота, а в плотике золотой россыпи обнаружен медно-порфировый штокверк с богатыми и рядовыми рудами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование полихронной рудной минерализации Байкальской рудной зоны происходило в раннемеловое время в зоне глубинного правого сдвига северо-западного простирания. Сдвиговый характер рудной зоны определил меридиональную ориентировку и кулисное расположение линейных штокверков и богатых рудных линз

месторождений и проявлений в медно-порфировых и порфирово-эпитеpмальных рудных системах.

Кулисные зоны растяжения в сдвиговых зонах обычно имеют субвертикальное залегание и могут прослеживаться на большую глубину. На месторождении Песчанка промышленное оруденение прослежено до глубины 700 м и по комплексу структурно-геологических, геохимических и геофизических данных прогнозируется до глубины 1 км. На Находкинском рудном поле не исключено обнаружение промышленных рудных тел в слепом залегании, что доказывается как строением первичных геохимических ореолов, так и зональностью аномальных геохимических полей, а также наличием слепых аномалий проводимости, которые могут быть связаны с рудными штокверками.

Гидротермальное рудоотложение в пределах БРЗ происходило в широком интервале температур (594–104°C) на разных глубинах: медно-порфировой 4.4–0.8 км, субэпитеpмальной 1.0–1.7 км, а эпитеpмальной ~0.7 км.

Эрозионный срез месторождений и проявлений различный. Для месторождения Песчанка установлен верхне-среднерудный срез, для проявлений НРП эрозионный срез изменяется от верхнерудного до нижнерудного. Совмещение на одном глубинном уровне минерализации медно-порфирового и эпитеpмального типов (участок Прямой и Весенний Находкинского рудного поля) свидетельствует, вероятно, о поднятии территории и эрозии верхней части рудной системы в процессе ее эволюции.

Перспективы обнаружения новых залежей медно-порфировых руд связаны с недостаточно изученными участками южного фланга центральной части БРЗ, где в пределах Светлинской ПЭС (см. фиг. 12) вероятно обнаружение слабо эродированной промышленной минерализации медно-порфирового и золото-серебряного эпитеpмального типов.

Заслуживают проведения поисковых работ участки сочленения крупных сдвигов в центральной части БРЗ, перекрытые аллювиальным чехлом речных долин. Согласно аналоговой тектонофизической модели Баймской зоны, на участках сочленения сдвигов развиваются зоны растяжения и декомпрессии, в которых могут формироваться рудные штокверки.

К северу от месторождения Песчанка на участках Топь, Егдыкыч, Куст, Лучик по данным буровых поисково-оценочных работ установлена лишь убогая и бедная медная минерализация в линейных штокверках (Читалин, Николаев, 2014). Однако на участках Топь и Лучик, где установлена

золото-серебряная эпитеpмальная минерализация, на глубине возможно обнаружение промышленной медно-порфировой минерализации (Юсупова и др., 2020).

Баймская рудная зона сопоставима с известными медно-порфировыми зонами (трендами) в сдвиговых структурах: Ою Толгой и Эрденет в Монголии, Пеббл на Аляске, Керман в Иране, Среднегорья в Болгарии и др., в пределах которых сосредоточены крупные, гигантские и супергигантские золото-молибден-медно-порфировые месторождения. В линейной зоне динамического влияния Центрально-Сихоте-Алинского сдвига находится и упомянутое выше недавно выявленное в северной части Сихотэ-Алинского орогенного пояса крупное золото-медно-порфировое месторождение Малмыж, сопоставимое по запасам с месторождением Песчанка.

Представляется, что именно наличие глубинного сдвига способствовало формированию крупных медно-порфировых и порфирово-эпитеpмальных систем. Глубоко проникающие вертикальные кулисные структуры растяжения и сдвига в сочетании с поперечными сдвигами являются каналами — структурными ловушками для магм и рудных гидротерм, определяют положение и форму полихронных рудных штокверков. Согласно некоторым геодинамическим моделям, крупные и гигантские медно-порфировые месторождения и эпитеpмальные месторождения золота, ассоциирующие с высококалийевыми магмами, контролируются внутрикоровыми сдвигами, образовавшимися на этапе постсубдукционного или постколлизийного растяжения литосферы. Месторождения обычно группируются в линейные пояса (тренды) поперечные или косые к зоне субдукции-коллизии и к простиранию магматического пояса (Richards, 2009; Sillitoe, 2010; Farrar et al., 2023).

Баймская рудоконтролирующая сдвиговая зона сформировалась в обстановке завершения раннемеловой субдукции и коллизии Колымо-Омолонского и Анюйско-Чукотского террейнов. Совместно с Южно-Аньюйской сутурой она образует структурный парагенез СВ-ЮЗ горизонтального сжатия.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны анонимным рецензентам за замечания и предложения к рукописи, которые способствовали, несомненно, ее улучшению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бакшеев И.А., Николаев Ю.Н., Прокофьев В.Ю., Марущенко Л.И., Нагорная Е.В., Читалин А.Ф., Сидорина Ю.Н., Калько И.А. Золото-молибден-медно-порфирово-эпитермальная система Баимской рудной зоны, Западная Чукотка // Металлогения древних и современных океанов 2014: Матер. 20-й науч. молодежной школы. Миасс: ИМин УрО РАН, 2014. С. 108–112.
- Волков А.В., Савва Н.Е., Сидоров А.А., Егоров В.Н., Шаповалов В.С., Прокофьев В.Ю., Колова Е.Е. Закономерности размещения и условия формирования Au-содержащих Cu-Mo-порфировых месторождений Северо-Востока России // Геология руд. месторождений. 2006. Т. 48. № 6. С. 512–539.
- Волчков А.Г., Сокиркин Г.И., Шишаков В.Ф. Геологическое строение и состав Анюйского медно-порфирового месторождения Северо-Востока СССР // Геология руд. месторождений. 1982. № 4. С. 89–94.
- Гулевич В.В. Субвулканические образования и оруденение в бассейне р. Баимка // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Магадан, 1974. Вып. 21. С. 108–116.
- Джеджея Г.Т. Геохимическая зональность месторождения Песчанка и критерии оценки уровня эрозийного среза медно-порфировых объектов в Баимском меднорудном районе (Западная Чукотка): дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Москва, 2019. С. 181.
- Джеджея Г.Т., Сидорина Ю.Н. Геохимическая зональность порфирово-эпитермальной системы месторождения Песчанка (Западная Чукотка) // Вестник Московского университета. 2018. Сер. 4. Геология. № 2. С. 40–47.
- Каминский В.Г. Медно-порфировое оруденение центральной части Баимской металлогенической зоны // Советская геология. 1987. № 6. С. 49–54.
- Каминский В.Г. Комплексная геолого-поисковая модель медно-порфирового месторождения Баимской зоны // Советская геология. 1989. № 11. С. 46–56.
- Комарова Я.С., Костицын Ю.А., Николаев Ю.Н. Возраст молибден-медно-порфирового оруденения месторождения Песчанка, Чукотка // VII Сибирская научно-практическая конференция молодых ученых по наукам о Земле (с участием иностранных специалистов): Матер. конф. Новосибирск: РИЦ НГУ, 2014. С. 138–139.
- Комарова Я.С., Аносова М.О., Костицын Ю.А., Николаев Ю.Н., Бакшеев И.А. U-Pb возраст магматических комплексов Баимской рудной зоны, Западная Чукотка // Изотопное датирование геологических процессов: новые результаты, подходы и перспективы: Матер. VI Российской конф. по изотопной геохронологии. 2–5 июня 2015 г., Санкт-Петербург. ИГГД РАН. СПб: Springer, 2015. С. 116–118.
- Котова М.С., Нагорная Е.В., Аносова М.О., Костицын Ю.А., Бакшеев И.А., Николаев Ю.Н., Калько И.А. Датирование метасоматического процесса и рудоносных гранитоидов медно-порфировых месторождений Находкинского рудного поля (Западная Чукотка) // Геохронометрические изотопные системы, методы их изучения, хронология геологических процессов: Матер. V Российской конф. по изотопной геохронологии. 4–6 июня 2012 г. Москва. ИГЕМ РАН. М.: ИГЕМ РАН, 2012. С. 181–184.
- Марущенко Л.И., Бакшеев И.А., Нагорная Е.В., Читалин А.Ф., Николаев Ю.Н., Калько И.А., Прокофьев В.Ю. Кварц-серицитовые метасоматиты и аргиллизиты Au-Mo-Cu месторождения Песчанка (Чукотка) // Геология руд. месторождений. 2015. Т. 57. № 3. С. 239–252.
- Мигачев И.Ф., Шишаков В.Б. Геолого-поисковая модель медно-порфирового месторождения // Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов. Труды. 1988. № 223: Геолого-поисковые модели месторождений цветных металлов. С. 47–53.
- Мигачев И.Ф., Шишаков В.Б., Сапожников В.Г., Каминский В.Г. Рудно-метасоматическая зональность медно-порфирового месторождения на Северо-Востоке СССР // Геология руд. месторождений. 1984. № 5. С. 91–94.
- Мигачев И.Ф., Гирфанов М.М., Шишаков В.Б. Медно-порфировое месторождение Песчанка // Руды и металлы. 1995. № 3. С. 48–58.
- Нагорная Е.В. Минералогия и зональность молибден-медно-порфирового рудного поля Находка, Чукотка: дисс. ... канд. геол.-мин. наук. М. 2013. С. 171.
- Николаев Ю.Н., Читалин А.Ф., Калько И.А., Бакшеев И.А., Сидорина Ю.Н., Нагорная Е.В. Новые данные по геологии, минералогии и геохимии Находкинской золото-молибден-медно-порфировой системы // Электронный сборник материалов Международного молодежного научного форума “ЛОМОНОСОВ-2011”. <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1186049&uri=nikolaev.html>
- Николаев Ю.Н., Сидорина Ю.Н., Калько И.А., Аплеталин А.В., Прокофьев В.Ю., Читалин А.Ф. Геохимические поля порфирово-эпитермальных систем, их интерпретация и оценка на основе современных геологических и генетических представлений // Разведка и охрана недр. 2013. № 8. С. 45–50.
- Николаев Ю.Н., Прокофьев В.Ю., Бакшеев И.А., Читалин А.Ф., Марущенко Л.И., Калько И.А. Первые данные о зональном распределении флюидных включений в рудообразующей системе медно-порфирового месторождения Песчанка (Северо-Восток России) // ДАН. 2014. Т. 459. № 6. С. 738–741.
- Николаев Ю.Н., Джеджея Г.Т., Сидорина Ю.Н., Калько И.А. Геохимическая зональность Песчанкинской порфирово-эпитермальной системы (Западная Чукотка) // Разведка и охрана недр. 2016. № 11. С. 41–46.
- Николаев Ю.Н., Бакшеев И.А., Прокофьев В.Ю., Нагорная Е.В., Марущенко Л.И., Сидорина Ю.Н., Читалин А.Ф., Калько И.А. Au-Ag минерализация

- порфирово-эпитеpмальных систем Баимской зоны (Западная Чукотка, Россия) // Геология руд. месторождений. 2016₂. Т. 58. № 4. С. 319–345.
- Петров О.В., Шатов В.В., Ханчук А.И., Иванов В.В., Змиевский Ю.П., Шпикерман В.И., Петров Е.О., Снежко В.В., Шманык А.В., Молчанов А.В., Халенев В.О., Шатова Н.В., Родионов Н.В., Беляцкий Б.В., Сергеев С.А.* О перспективах открытия новых золото-медно-порфировых месторождений малмыжского типа на территории Нижнего Приамурья (Дальний Восток, Россия) // Регион. геология и металлогения. 2023. № 94. С. 75–112.
- Сидорина Ю.Н.* Геохимическая зональность Находкинской порфирово-эпитеpмальной системы (Западная Чукотка) // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 2015. № 2. С. 77–83.
- Сидорина Ю.Н.* Геохимические критерии выявления и оценки медно-порфирового оруденения в Баимской меднорудной зоне (Западная Чукотка): дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Москва, 2016. С. 175.
- Соколов С.Д., Тучкова М.И., Ганелин А.В., Бондаренко Г.Е., Лейер П.* Тектоника Южно-Анжуйской сутуры (Северо-Восток Азии) // Геотектоника. 2015. № 1. С. 5–30.
- Соловьев С.Г.* Металлогения шошонитового магматизма. М.: Научный мир, 2014. Т. 1. 528 с. Т. 2. 472 с.
- Фролова Н.С., Кара Т.В., Читалин А.Ф.* Физическое моделирование сдвиговых зон различной сложности для выявления участков повышенной флюидопроницаемости // Динамическая геология. Электронный научно-образовательный журнал. 2019. № 1. С. 29–47.
- Читалин А.Ф.* Структурные парагенезы и рудная минерализация Баимской сдвиговой зоны, Западная Чукотка // Российская тектонофизика. К 100-летию М.В. Гзовского. Апатиты: РИО КНЦ РАН, 2019₁. С. 333–349.
- Читалин А.Ф.* Геолого-структурная интерпретация геофизических и геохимических аномалий Баимской рудной зоны, Западная Чукотка // Сборник тезисов Международной геолого-геофизической конференции и выставки “ГеоЕвразия 2019₂. Современные технологии изучения и освоения недр Евразии” [сборник]. Тверь: ООО “ПолиПРЕСС”. 2019₂. С. 961–966.
- Читалин А.Ф.* Структура штокверков медно-порфировых систем // Труды IV Международной геолого-геофизической конференции и выставки “ГеоЕвразия-2021. Геологоразведка в современных реалиях” Том I (II) [сборник]. Тверь: ООО “ПолиПРЕСС”, 2021. С. 171–176.
- Читалин А.Ф., Усенко В.В., Фомичев Е.В.* Баимская рудная зона — кластер крупных месторождений цветных и драгоценных металлов на западе Чукотского АО // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2013₁. № 6. С. 68–73.
- Читалин А.Ф., Воскресенский К.И., Игнатьев Е.К., Ефимов А.А., Колесников А.Г.* Малмыж — новая крупная золото-меднопорфировая система мирового класса в Сихоте-Алине (Хабаровский Край, Дальний Восток России) // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2013₂. № 3. С. 65–69.
- Читалин А.Ф., Николаев Ю. Н., Бакшеев И.А., Прокофьев В.Ю., Фомичев Е.В., Усенко В.В., Нагорная Е.В., Марущенко Л.И., Сидорина Ю.Н., Джеджева Г.Т.* Порфирово-эпитеpмальные системы Баимской рудной зоны, Западная Чукотка // Смирновский сборник. М.: Макс-Пресс, 2016. С. 82–115. http://www.geol.msu.ru/news/smirnov_2016.pdf
- Читалин А.Ф., Агапитов Д.Д., Штенгелов А.Р., Усенко В.В., Фомичев Е.В.* Перспективы открытия крупнотоннажного золото-серебряного месторождения на участке Весенний Баимской рудной зоны, Западная Чукотка // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2019. № 2. С. 22–29.
- Шавкунов Б.Н.* Использование геофизических и геохимических данных для оконтуривания рудных полей в пределах Баимского золотоносного узла // Геохимические методы поисков месторождений золота по вторичным ореолам рассеяния. Чита: Зап. Забайкал. фил. географ, об-ва СССР. 1973. Вып. 88.
- Шаповалов В.С.* Вещественный состав и условия формирования золото-серебряного и медно-молибденового оруденения Баимского района (Западная Чукотка): Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Иркутск: Иркутский политехи, ин-т, 1985. 17 с.
- Шаповалов В.С.* Некоторые геохимические особенности руд Баимского узла // Рудные формации Северо-Востока СССР. Магадан: СВКНИИ ДВО АН СССР, 1990. С. 162–170.
- Юсупова А.В., Бакшеев И.А., Кошлякова Н.Н.* Метасоматиты и рудная минерализация проявлений северного фланга Баимской рудной зоны (Западная Чукотка) // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2020. 63(4). С. 27–37. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2020-63-4-27-37>
- Chitalin A.F., Baksheev I.A., Nikolaev Y.N., Djedjeva G.T., Khabibullina Yu.N., Müller D.* Porphyry Cu-Au±Mo mineralization hosted by potassic igneous rocks: implications from the giant Peschanka porphyry deposit, Baimka Trend (North East Siberia, Russia) // Krnčíček, L. and Chalapathi Rao, N.V. (eds). Lamprophyres, Lamproites and Related Rocks: Tracers to Supercontinent Cycles and Metallogenesis. Geological Society, London, Special Publications, 2021. 513 p. <https://doi.org/10.1144/SP513-2020-178>.
- Chitalin A.F., Baksheev I.A., Nikolaev Y.N., Nagornaya E.V., Khabibullina Y.N., Nikolaeva I.Yu., Kalko I.A., Müller D.* Porphyry-epithermal Cu-Mo-Au-Ag mineralization in the Nakhodka ore field, Baimka Trend, Chukotka, Russia: a geological, mineralogical and geochemical perspective // Mineralium Deposita. 2022. V. 58. № 1. P. 287–306. <https://doi.org/10.1007/s00126-022-01122-2>
- Chitalin A., Fomichev E., Usenko V., Agapitov D., Shtengelov A.* Structural model of Peschanka porphyry Cu-Au-Mo deposit, Western Chukotka, Russia // Structural Geology

- and Resources-2012. Bulletin № 56-2012. Symposia 26–28 September 2012, KALGOORLIE WA.
- Farrar A.D., Cooke D.R., Hronsky Jon M.A., Wood D.G., Benavides S.B., Cracknell M.J., Banyard F., Gigola S., Ireland T., Jones S.M., and Jose Piquer J.* A Model for the Lithospheric Architecture of the Central Andes and the Localization of Giant Porphyry Copper Deposit Clusters // *Econ. Geol.* 2023. V. 118. № 6. P. 1235–1259.
- Lowell J.D., Guilbert J.M.* Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits // *Econ. Geol.* 1970. V. 65. P. 373–408.
- Moll-Stalcup E.J.* Geochemistry and U-Pb-geochronology of arc related magmatic rocks, northeastern Russia // *Abstracts with programs GSA.* 1995. V. 27. № 5. P. 65.
- Richards J.P.* Post-subduction porphyry Cu-Au and epithermal Au deposits – Products of remelting of subduction modified lithosphere // *Geology.* 2009. V. 37. P. 247–250.
- Sillitoe R.H.* Porphyry copper systems // *Econ. Geol.* 2010. V. 105. P. 3–41.
- Soloviev S.G., Kryazhev S.G., Dvurechenskaya S.S., Vasyukov V.E., Shumilin D.A., Voskresensky K.I.* The superlarge Malmyzh porphyry Cu-Au deposit, Sikhote-Alin, Eastern Russia: Igneous geochemistry, hydrothermal alteration, mineralization, and fluid inclusion characteristics // *Ore Geol. Rev.* 2019. V. 113. Paper 103112. P. 1–27.