

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ,
МЕТОДИКА ИХ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ
USEFUL MINERALS,
METHODS OF THEIR PROSPECTING AND EXPLORATION

УДК 553.072; 553.075; 553.430

**БРЕКЧИЕВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ РУДНОГО УЧАСТКА СВОБОДА
МАЛМЫЖСКОГО ЗОЛОТОМЕДНО-ПОРФИРОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
(ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)***

В.В. СВИСТУНОВ

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
1, Ленинские горы, г. Москва 119234, Россия
e-mail: vasilyvistunov@mail.ru*

Изучена и описана структура и разновидности брекчиевых тел рудного участка Свобода Малмыжского месторождения: крупного — сложной структуры эруптивных (гидротермально-магматических) брекчий и относительно мелкого — столбообразного тела фреатических брекчий. Эруптивные брекчии являются интрарудными по отношению к золотомедному оруденению. Обломочная часть в них представлена преимущественно метасоматически-изменёнными интрузивными породами 1-й фазы внедрения и осадочными образованиями ларгасинской свиты мелового возраста. Цементирующим материалом брекчий служит калиевошпат-кварц-хлорит-серицитовая масса, представляющая собой интенсивно метасоматически-преобразованные породы 2-й интрузивной фазы внедрения. Рудная минерализация в брекчиях имеет прожилково-вкрапленную текстуру и входит в состав обломочной части брекчий, а также наложена на сформированные тела брекчии в процессе их метасоматического преобразования. Фреатические брекчии возникли на завершающих стадиях развития порфировой системы. Они отличаются низкими содержаниями меди и золота и резкими секущими контактами с вмещающими их породами. Состав обломков в целом схож с эруптивными брекчиями, цемент — кварц-серицит-эпидот-хлоритовый. Позиция рудной минерализации аналогична таковой в эруптивных брекчиях, однако проявлена в гораздо меньшей степени. Согласно предлагаемой генетической модели, образование тела эруптивных брекчий произошло в результате флюидизации пород, расположенных в присводовой части интрузивного тела, с последующим внедрением значительных объёмов магматического расплава. В дальнейшем при подъёме флюиды вступали во взаимодействие с холодными приповерхностными водами, что вызывало формирование фреатических брекчий. Изученные особенности брекчиевых образований хорошо согласуются с классической моделью медно-порфирировых месторождений мира.

Ключевые слова: медь; золото; порфирировые месторождения; брекчии.

DOI:10.32454/0016-7762-2019-5-50-57

**BRECCIAS OF SVOBODA ORE AREA OF MALMYZHSKOE GOLD-COPPER
PORPHYRY DEPOSIT (KHABAROVSK TERRITORY)**

V.V. SVISTUNOV

*Lomonosov Moscow State University
1, Leninskie gori, Moscow 119234, Russia
e-mail: vasilyvistunov@mail.ru*

The texture and variety of types of breccia bodies of the ore section of the Svoboda at the Malmyzhskoye deposit have been studied and described: a large one — the complex structure of eruptive (hydrothermal-magmatic) breccias and a relatively small — the columnar body of phreatic breccias. Eruptive breccias are intra-ore with respect to gold-copper mineralization. The detrital part in them is represented mainly by metasomatically altered intrusive rocks of the 1st phase of introduction and sedimentary formations of the cretaceous Largasinsky suite. Breccia cementing material is potassium feldspar-quartz-chlorite-sericite mass, which is an intensively



metasomatically altered rock of the 2nd intrusive phase of intrusion. Ore mineralization in breccias has a vein-disseminated texture and is part of the clastic part of breccias and is also superimposed on the already formed breccia bodies in the process of their metasomatic alternation. Phreatic breccias formed at the final stages of the development of the porphyry system. They are distinguished by low copper and gold contents and sharp secant contacts with the rocks surrounding them. The composition of the debris is generally similar to eruptive breccia, cement is quartz-sericite-epidote-chlorite. The position of ore mineralization is similar to that in eruptive breccias, but it is manifested to a much lesser extent. According to the proposed genetic model, the formation of the body of eruptive breccias occurred as a result of fluidization of rocks located in the arches of the intrusive body, followed by the introduction of significant volumes of magmatic melt. Subsequently, when rising, the fluids interacted with the cold near-surface waters, which caused the formation of phreatic breccias. The studied features of breccia formations are in a good agreement with the classical model of copper-porphyry deposits of the world.

Keywords: copper; gold; porphyry deposits; breccia.

Малмыжское золотомедно-порфировое месторождение, открытие которого состоялось в 2005—2007 гг., расположено в Хабаровском крае. Оно является первым обнаруженным и успешно поставленным на государственный баланс объектом данного типа на территории Дальнего Востока России. По запасам меди и золота месторождение относится к категории крупных (утверждённые ГКЗ Роснедра в 2015 г. запасы категорий C_1+C_2 : Cu — 5,1 млн т, Au — 278 т) [6]. В то же время месторождение сохраняет перспективы наращивания запасов на слабоизученных участках, в пределах которых сосредоточены значительные объёмы ресурсов (P_1 : Cu — 3,3 млн т, Au — 151 т [6]). Продолжающиеся геолого-разведочные работы способствуют переводу месторождения в разряд уникальных в ближайшее время, а доказанная и устойчивая рентабельность позволяет предполагать начало освоения в течение следующих нескольких лет. На данный момент многие особенности месторождения еще слабо изучены, что делает весьма актуальными научные исследования данного объекта.

При изучении порфировых объектов традиционно особое внимание уделяют разнообразным брекчиевым образованиям, так как их наличие и определённые характеристики могут являться важным поисковым критерием для данного типа месторождений, позволяя предполагать наличие порфировой минерализации даже при «слепом» положении рудных залежей. Необходимо отметить, что исследования брекчиевых образований позволяют оценить масштабы и характеристику формировавшихся месторождение флюидно-магматических систем, что даёт возможность в значительной мере уточнять геолого-генетическую модель того или иного объекта.

Наличие брекчиевых тел является одной из особенностей порфировых месторождений. Такие тела могут иметь различную морфологию и размеры — от мелких дайкоподобных, мощностью менее 1 м, до крупных столбообразных, размером несколько сотен метров в поперечнике. Как правило, развитие таких тел непосредственно связано с процессом внедрения интрузий и отвечает одной

(в редких случаях — нескольким) из стадий развития магматических комплексов [4, 5, 10—13].

Геологическое положение Малмыжского месторождения

В соответствии с тектоническим районированием Дальнего Востока России, Малмыжское месторождение расположено в северо-западной части Журавлевско-Амурского террейна, который представляет собой фрагмент окраинного синдвигового турбидитового бассейна мелового возраста. Данный террейн занимает большую часть Сихотэ-Алинского хребта и в региональном плане входит в состав Сихотэ-Алинь-Северо-Сахалинского орогенного пояса [8, 9].

Рудное поле Малмыжского месторождения контролируется левосдвиговыми разломами северо-восточного простирания, которые определяют размещение порфировых интрузий. Крупные структурные элементы аналогичных направлений и кинематики, главным из которых является Центральный Сихотэ-Алинский разлом, определяют как общую тектоническую обстановку Сихотэ-Алиня, так и особенности локализации рудных объектов региона [1, 3, 8].

Территория Малмыжского месторождения представляет собой перекрытую четвертичными образованиями толщу терригенных морских отложений (песчаников, алевролитов) мелового возраста, относимых к ларгасинской свите, которую прорывают интрузии (штоки, дайки) среднего и умеренно-кислого составов (диориты, гранодиориты). На данный момент выделено 10 центров золотомедно-порфировой минерализации. Наиболее крупными и хорошо изученными являются участки Центральный, Равнина, Долина и Свобода.

Геологическое строение рудного участка Свобода

Главную роль в строении участка Свобода играют интрузивные образования среднего—умеренно кислого состава двух фаз внедрения: к первой относятся, преимущественно диорит-порфириты,

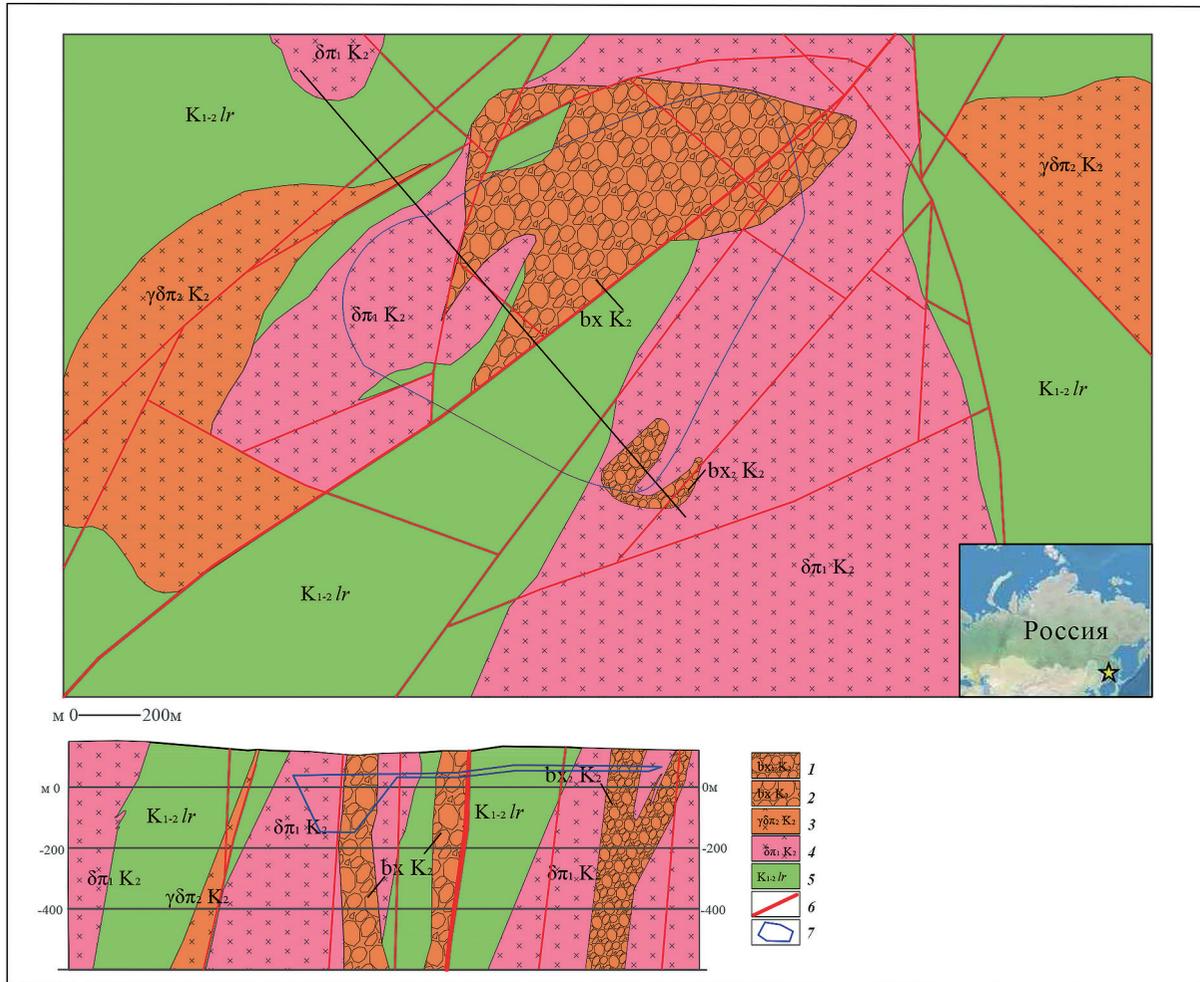


Рис. 1. Схематическая геологическая карта рудного участка Свобода Малмыжского золотомедно-порфирового месторождения и разрез через центральную часть участка. На врезке – расположение Малмыжского месторождения на карте РФ (по [2], с дополнениями): 1 – фреатические брекчии; 2 – гидротермально-магматические брекчии; 3 – гранодиорит-порфиры 2-й фазы внедрения; 4 – диорит-порфиры 1-й фазы внедрения; 5 – терригенные отложения ларгасинской свиты; 6 – разрывные нарушения; 7 – контур рудного тела ($Cu_{\text{уд}} > 0,2\%$)

ко второй — кварцевые диорит-порфиры, гранодиорит-порфиры. Интрузивные образования формируют в пределах участка несколько штоков различных форм и размеров (от нескольких сотен метров до 2 км в поперечнике). Также к образованиям 2-й интрузивной фазы относятся эруптивные и фреатические брекчии. Стратифицированные образования представлены в различной степени ороговикованными терригенными отложениями ларгасинской свиты, имеющей меловой возраст. В центральной части участка проходит крупный разлом левосдвиговой кинематики северо-восточного направления с амплитудой смещения до нескольких сотен метров. Мелкие разрывные нарушения северо-западного и северо-восточного направлений часто приурочены к контактовым зонам штоков, обладают амплитудами смещения в несколько десятков метров (рис. 1) [2].

Тела брекчий рудного участка Свобода

В пределах участка выделяются два тела брекчий. Крупное сложено эруптивными брекчиями, имеет сложную каплевидную в плане форму, немного вытянутую в северо-восточном направлении, с выделяющимися в юго-западной части ответвлениями. Размеры тела в плане составляют 1300×500 м. В разрезе оно характеризуется столбообразной формой, без заметного выклинивания на глубину (наиболее глубокими скважинами прослеживается более чем на 800 м). Контакты этого тела часто затушеваны интенсивными метасоматическими преобразованиями (преимущественно кварц-хлорит-серицитовыми), а также зоной интенсивного дробления, но в общем характеризуются довольно крутым падением. Вмещающими породами для тела эруптивных брекчий являются



интрузивные породы 1-й фазы внедрения и орогованные отложения ларгасинской свиты.

Второе тело, сложенное фреатическими брекчиями, расположено в пределах массива кварцевых диорит-порфиритов 1-й фазы. Оно имеет подковообразную форму и значительно меньшие размеры (250×250 м в плане, на глубину прослежено на 270 м). В разрезе оно представляет собой столбообразную структуру с разветвлением в приповерхностной части. Контакты этого тела чёткие, резкие, при крутом (до вертикального) падении.

Величину вертикальной транспортировки материала достаточно сложно определить ввиду отсутствия контрастно разнородных толщ в породах, вмещающих брекчиевые тела.

Описанные тела брекчий не имеют пересечений, что не позволяет однозначно установить их временные взаимоотношения. Кроме того, ввиду пространственной удалённости тел отсутствуют

фрагменты типа «брекчия в брекчии». Однако, как правило, фреатические брекчии формируются на заключительных стадиях развития гидротермально-магматических систем [12, 13]. На более позднее образование тела фреатических брекчий указывает, в частности, относительно низкотемпературный характер метасоматических изменений обломочной части (преобладает серицит-эпидот-хлоритовый характер преобразований) и бедная рудная минерализация.

Характеристика разновидностей брекчий рудного участка Свобода

В пределах участка Свобода выделено три типа брекчиевых образований — эруптивные, фреатические и тектонические. Краткая характеристика брекчиевых образований приведена в таблице. Все типы брекчий являются преимущественно поли-

Разновидности брекчий участка Свобода

Тип брекчий		Распространение	Морфология тел	Обломки	Матрикс	Позиция оруденения
Тектонические		Локальное	Узкие, линейно-вытянутые, мощностью до 5–15 м, протяженность – десятки–сотни метров	Угловатые, размер 1–3 см, состав – песчаники, диорит-порфириты, 20–60% породы	Тонкоперетертый материал аналогичен по составу обломочной части	Тонкие пирит-кварцевые прожилки, рассеянная вкрапленность $Pu \gg Sr$, в обломках и в матриксе, сумма sulf < 1%
Эруптивные	Гидротермальные (краевые части тела)	Часто встречаются	Тела неправильной формы, размер – десятки сотен метров, развиты в апикальных и краевых частях брекчиевой трубки	Угловатые, размер 1–5 см, состав – диорит-порфириты, реже песчаники, 30–60% породы	Кварц-серицитовый, кварцевый, хлорит-кварцевый материал	Кварц-сульфидные прожилки мощностью 0,01–5 см, рассеянная вкрапленность Pu, Sr , сумма sulf 1–4%
	Магматогенные (центральные части тела)	Преобладают	Тела неправильной, трубообразной формы, размер – несколько сотен метров	Угловатые, слабосглаженные, размер 2–10 см, состав – песчаники, диорит-порфириты, 40–60% породы	Мелкозернистый, калиевошпат-хлорит-кварц-серицитовый по диорит-порфиритам	Тонкие кварц-пиритовые прожилки, рассеянная вкрапленность $Pu > Sr$, в обломках и в матриксе, сумма sulf 1–3%
Фреатические		Локальное	Трубкаподобное тело размером 250×250 м в плане, контакты с вмещающими породами резкие	Угловатые, размер 1–10 см, состав – песчаники, диорит-порфириты, гранодиориты, 10–80% породы	Мелкозернистый, кварц-хлорит-серицитовый	Редкие сульфидно-кварцевые прожилки, рассеянная вкрапленность $Pu > Sr$, в обломках и в матриксе, сумма sulf 1–2%

Примечание. Sulf – сульфиды, Pu – пирит, Sr – халькопирит.



миктовыми, кластическая часть представлена обломками вмещающих пород — песчаников, алевролитов, роговиков, диорит-порфиритов 1-й фазы и кварцевых диорит-порфиритов, гранодиоритов 2-й фазы, различных метасоматитов (в том числе и рудоносных) и других пород в разнообразных соотношениях [2, 7].

К эруптивным относятся брекчии с изначально магматическим матриксом, аналогичным по составу интрузивам 2-й фазы внедрения (кварцево-диорит-порфиритовый, гранодиорит-порфиритовый), в различной степени преобразованным под действием метасоматических процессов в хлорит-серицит-кварцевый (иногда с магнетитом или сульфидами) материал. При этом наиболее интенсивная переработка происходила в апикальных и краевых частях тел, где сформировались брекчии с преобладающим значением гидротермального цемента. Такие брекчии имеют небольшие мощность и протяженность, располагаются в приконтактных частях магматогенных брекчий, обломки в них (как и в прилегающих частях брекчиевого тела с

изначально магматическим цементом) чаще всего угловой формы, без признаков значительной транспортировки материала. Это может указывать на значительную роль флюидной компоненты в процессе формирования брекчий. В центральных частях тел метасоматические преобразования матрикса проявлены в меньшей степени. В обломочной части (которая составляет 30—60% породы) преобладают слабосглаженные, реже угловатые обломки со следами обработки и переноса. Состав обломочной части — окварцовые, калиевошпатизированные диорит-порфириты 1-й фазы внедрения, ороговикованные песчаники ларгасинской свиты, в меньшем количестве встречаются кварцевые диорит-порфириты и гранодиорит-порфиры 2-й фазы внедрения. Размер обломков составляет от нескольких сантиметров до 1,5 м, преобладающий — 3—10 см.

Цемент фреатических брекчий тонкозернистый кварц-хлорит-серицитовый, иногда с эпидотом, биотитом и магнетитом. В обломочной части (10—80% породы) преобладают окварцованные,

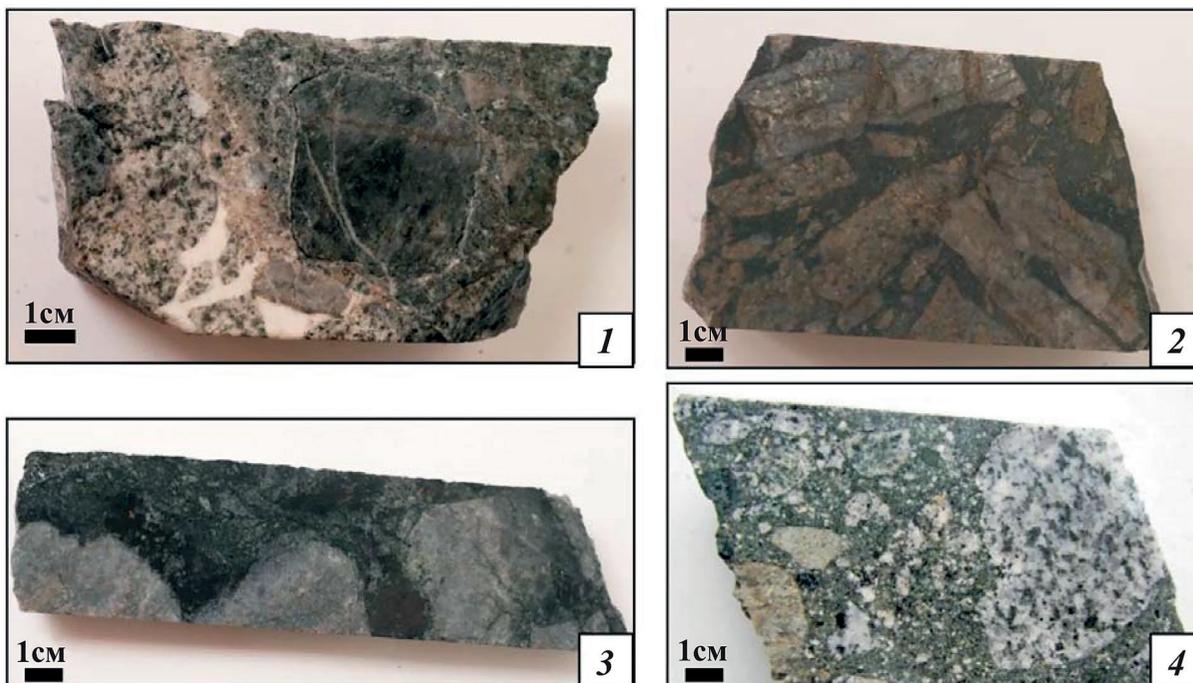


Рис. 2. Разновидности брекчиевых образований рудного участка Свобода Малмыжского золотомедно-порфирового месторождения (содержания Cu и Au [2]): 1 — гидротермально-магматические брекчии, заметен обломок диорит-порфиритов 1-й фазы внедрения, с тонкими безрудными кварцевыми прожилками (тип А1), и пересекающим их сульфидным прожилком с калиевым полевым шпатом в зальбандах (тип В), цемент — chl-qtz-ser (Cu 0,82%, Au 0,27 г/т); 2 — гидротермально-магматические брекчии, в обломочной части заметны кварцевые прожилки с тонкими сульфидными просечками, цемент — qtz-ser-chl±mag (Cu 0,21%, Au 0,15 г/т); 3 — гидротермально-магматическая брекчии, в обломочной части — окварцованные диорит-порфириты 1-й фазы, цемент — qtz-ser-mag-chl±sulf (Cu 0,15%, Au 0,10 г/т); 4 — гидротермально-магматическая брекчия, в обломочной части — слабоизменённые гранодиорит-порфиры и песчаники ларгасинской свиты, цемент — chl-qtz-ser ±mag (Cu 0,06%, Au 0,02 г/т)



ороговикованные песчаники и алевролиты, примерно в равном объёме представлены хлоритизированные и серицитизированные интрузивные породы 1- и 2-й фаз внедрения. Преобладают обломки угловатой формы, размером обычно до 10 см, в единичных случаях — 10—30 см. В целом отличительными чертами тела фреатических брекчий является наличие хорошо выраженного резкого контакта с вмещающими породами, относительно большее количество обломков терригенных пород (50—70% обломочной части), имеющих преимущественно угловатую форму, изначально гидротермальный цемент, и значительно меньшая интенсивность проявления рудной минерализации.

Повсеместно брекчиевые образования метасоматически преобразованы, что часто достаточно интенсивно изменяет первоначальный облик пород. Преобладают кварц-хлорит-серицитовые и серицит-эпидот-хлоритовые изменения. Прожилково-вкрапленная рудная минерализация участка Свобода имеет гидротермально-метасоматический генезис. При этом установлено два типа положения сульфидной минерализации: в обломочной части и в наложившемся на сформированные тела брекчий при их метасоматическом преобразовании виде (рис. 2).

Тела тектонических брекчий сложены небольшими обломками (преимущественно 1—5 см) магматических и терригенных пород, заключённых в цемент из тонкоперетёртой массы аналогичного состава. Они представляют собой вытянутые линейные зоны протяжённостью до нескольких сотен метров, при мощности до 10—15 м. Халькопирит-пиритовая минерализация в них проявлена слабо, чаще в виде рассеянной вкрапленности по цементу, реже — в обломочной части.

Генетическая модель формирования тел брекчий рудного участка Свобода

Генетическая модель формирования тел брекчий в целом отвечает описанной отечественными и зарубежными авторами в ряде работ [4, 5, 10, 12, 13]. Наблюдения дают основание предполагать, что образование тел происходило в несколько этапов. Предположительно при поднятии от очага с больших глубин флюидонасыщенные магмы охлаждались, происходило их декомпрессионное вскипание. Выделявшиеся при этом летучие компоненты накапливались в присводовой части интрузива. Совместно с этим нарастало давление на вмещающие породы. Благоприятным фактором для этого процесса являлась «флюидоупорность»

терригенных пород ларгасинской свиты, которые выполняли функцию своеобразного экрана. После накопления необходимого количества флюидной компоненты и достижения критического давления произошла эксплозия с последующим внедрением больших объёмов магматического расплава, сопровождавшимся разрушением и захватом обломков вмещающих пород. Так было сформировано тело эруптивных брекчий с вертикальным размером более 800 м. При дальнейшем поднятии оставшихся и вновь поступающих из материнской магматической камеры флюидов происходило их взаимодействие с холодными приповерхностными водами, что вызывало формирование фреатических брекчий. На финальных стадиях развития брекчиевой структуры в периферических частях тел брекчий происходило активное движение растворов, именно в этих областях возникли брекчии с преобладающим гидротермальным цементом (преимущественно серицит-кварцевым), этому способствовала повышенная трещиноватость в породах, вмещающих тело брекчий, сформировавшаяся в процессе его внедрения.

По отношению ко времени образования рудоносных метасоматитов тело эруптивных брекчий является интратрудным, т. е. сформировалось между главными стадиями рудообразования. Об этом свидетельствует небольшое количество метасоматически преобразованных пород и прожилковых образований в обломочной части брекчий. Метасоматиты обломочной части являются породами, преобразованными под действием гидротерм, связанных с интрузивами 1-й фазы внедрения. Наиболее широко проявленные метасоматические преобразования и сопутствующая им рудная прожилково-вкрапленная минерализация накладывались как на вмещающие породы, так и на сформированные тела брекчий. Эти факты могут свидетельствовать о том, что наиболее интенсивная гидротермальная деятельность, результатом которой является метасоматическое преобразование пород и рудоотложение, связана именно с интрузиями 2-й фазы внедрения. При этом тело фреатических брекчий, по-видимому, формировалось на завершающих стадиях развития порфировой системы, однако и в них наблюдается прожилково-вкрапленная минерализация, проявленная в значительно меньшей степени.

Образование каждой из разновидностей брекчий (кроме тектонических) представляло собой линейный, однократный процесс. Об этом свидетельствует отсутствие ранних брекчий среди обломков как в эруптивных, так и во фреатических брекчиях.



Выводы

Таким образом, в результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы о геологических особенностях брекчиевых образований рудного участка Свобода:

1. Формирование эруптивных брекчий происходило в интратрудную стадию развития гидротермально-магматической системы и генетически связано с интрузивами 2-й фазы внедрения, а фреатических — на завершающих стадиях развития системы.

2. Наличие небольшого количество обломков метасоматически преобразованных пород и рудоносных прожилков в брекчиях свидетельствует о рудоносности интрузивов 1-й фазы, однако основная доля рудной минерализации участка связана со 2-й фазой.

3. Предположительно образование тел брекчий представляло собой линейный однократный процесс. Эруптивные брекчии сформировались в результате флюидизации пород, расположенных в присводовой части интрузивного тела, при активном выделении летучих компонентов, поступающих из материнского очага. Процесс эксплозии сопровождался внедрением больших объемов магматического расплава, сформировавшим брекчии с изначально интрузивным матриксом. При дальнейшем поднятии и резком охлаждении образовались фреатические брекчии.

4. Приведенная последовательность формирования тел брекчий и их характеристики хорошо согласуются с классической моделью, предложенной для порфировых месторождений Р. Силлитой [12, 13] и другими авторами [4, 5, 10, 11].

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Б.А. Центральный Сихотэ-Алинский разлом. Владивосток: Дальневосточное книжное издательство, 1972. 115 с.
2. Игнатъев Е.К. и др. Отчет по оценочным работам на рудное золото, медь и сопутствующие компоненты, проведенным на выявленных объектах Малмыжского рудного поля и участке Северный Малмыж в 2013—2015 гг., с подсчетом запасов меди и золота по состоянию на 01.01.2015 г. Хабаровск, 2015, 311 с.
3. Коковкин А.А. Новейшая структура Сихотэ-Алинского орогена. Металлогения Сихотэ-Алинской рудной провинции. Региональная геология и металлогения. 2013. № 58. С. 105—113.
4. Кривцов А.И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. М.: Недра, 1983. 256 с.
5. Кривцов А.И., Звездов В.С., Мигачёв И.Ф., Минина О.В. Медно-порфировые месторождения. М.: ЦНИГРИ, 2001. 232 с.
6. Малмыжское месторождение [Электронный ресурс]. 2015. URL: [http:// igscorper.net/ru](http://igscorper.net/ru) (дата обращения: 01.03.2019).
7. Свистунов В.В. Строение и разновидности брекчий золото-меднопорфирового месторождения Малмыжское (Хабаровский край) на примере участка Свобода [Электронный ресурс] // Тез. докл. «Новое в познании процессов рудообразования». Восьмая Российская молодежная научно-практическая школа, Москва, 26—30 ноября 2018 г. Сборник материалов. М.: ИГЕМ РАН, 2018. С. 313—315. URL: http://www.igem.ru/ccm/geo_for_young_8/geo_for_young_8.html (дата обращения: 01.04.2019).
8. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / Под ред. А.И. Ханчука Кн. 1. Владивосток: Дальнаука, 2006. 572 с.
9. Читалин А.Ф., Ефимов А.А., Воскресенский К.И., Игнатъев Е.К., Колесников А.Г. Малмыжское месторождение — новая крупная золото-медно-порфировая система мирового класса на Сихотэ-Алине. Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2013. № 3. С. 65—69.
10. Эндеогенные рудоносные брекчиевые образования. Методические рекомендации по выявлению эндогенных брекчиевых образований различных генетических типов и оценке их потенциальной рудоносности применительно к задачам Госгеолкарт. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2018. 104 с.
11. Peter H.F., Jonh L.W., Doug Archibald, Skarmeta J., Serrano L., Vargas R. Mineralogical and Isotopic Zonation in the Sur-Sur Tourmaline Breccia, Rho Blanco-Los Bronces Cu-Mo Deposit, Chile: Implications for Ore Genesis. // Economic Geology. 2005. V. 100, P. 935—961.
12. Sillitoe R.H. Ore-related breccias in volcanoplutonic arcs. // Economic Geology. 1985. V. 80. P. 1467—1514.
13. Sillitoe R.H. Porphyry Copper Systems. // Economic Geology. 2010. V. 105. P. 3—41.

REFERENCES

1. Ivanov B.A. *Central'nyj Sihotje-Alinskij razlom* [The Central Sikhote-Alin fault]. Vladivostok: Far Eastern book publishing, 1972, 115 p. (in Russian).
2. Ignatiev E.K. and etc. *Otchet po ocenochnym rabotam na rudnoe zloto, med' i soputstvujushhie komponenty, provedennym na vyjavlennyh ob'ektah Malmyzhskogo rudnogo polja i uchastke Severnyj Malmyzh v 2013—2015 gg., s podschetom zapasov medi i zlota po sostojaniju na 01.01.2015 g.* [Report estimated works on ore gold, copper and associated components are conducted at identified facilities Malmyzhskiy ore field and the section Northern Malmyzh in 2013—2015, with the estimated reserves of copper and gold as at 01.01.2015]. Khabarovsk, 2015, 311 p. (in Russian).
3. Kokovkin A.A. Novejshaja struktura Sihotje-Alinskogo orogena, Metallogenija Sihotje-Alinskoy rudnoj provincii [Recent structure of the Sikhote-Alin orogeny, Metallogeny of the Sikhote-Alinskii ore province], *Regional'naja Geologija i metallogenija* [Regional Geology and metallogeny], 2013, no. 58, pp. 105—113. (in Russian)
4. Krivtsov A.I. *Geologicheskie osnovy prognozirovaniya i poiskov medno-porfirovych mestorozhdenij* [Geological bases of forecasting and searches of copper-porphyry deposits]. Moscow, Nedra publ, 1983, 256 p. (in Russian).



5. Krivtsov A.I., Zvezdov V.S., Migachjov I.F., Minina O.V. *Medno-porfirovye mestorozhdenija* [Copper-porphyry depo-sits]. Moscow, TSNIGRI Publ., 2001, 232 p. (in Russian).
6. *Malmyzhskoe mestorozhdenie* [Malmyzh deposit]. 2015. Available at: <http://igcopper.net.ru> (accessed 1 March 2019).
7. Svistunov V.V. Structure and types of breccia of Malmyzh gold-copper porphyry deposits (Khabarovsk Krai) on the basis of area Freedom. *Theses of the Eighth Russian youth scientific practical School «New in knowledge of ore formation processes», Moscow, November 26–30, 2018. Collection of material.* Moscow: IGEM RAS publ., 2018, pp. 313–315. Available at: http://www.igem.ru/ccm/geo_for_young_8/geo_for_young_8.html (accessed 1 April 2019). (in Russian).
8. *Geodinamika, magmatizm i metallogenija Vostoka Rossii: v 2 kn* [Geo-dynamics, magmatism and metallogeny of the Russian East: in 2 books], ed. by A.I. Khanchuk. Vladivostok, Dalnauka Publ, 2006, Book 1, 572 p. (in Russian).
9. Chitalin A.F., Efimov A.A., Voskresenskiy K.I., Ignat'ev E.K., Kolesnikov A.G. Malmyzhskoe mestorozhdenie — novaja krupnaja zolotomedno-porfirovaja sistema mirovogo klassa na Sihotje-Aline [Malmyzhskiy Deposit, a new large copper-gold-porphyry system world-class Sikhote-Alin], *Mineralnye resursy Rossii. Economica i menegment* [Mineral resources of Russia. Economics and management], 2013, no. 3, pp. 65–69. (in Russian).
10. *Jendogennye rudonosnye brekchievyje obrazovanija. Metodicheskie rekomendacii po vyjavleniju jendogennyh brekchievyh obrazovanij razlichnyh geneticheskikh tipov i ocenke ih potencial'noj rudonosnosti primenitel'no k zadacham Gosgeolkart* [Endogenous ore-bearing breccia formations. Methodological recommendations on identification of endogenous breccias formation of different genetic types and estimation of their potential ore content related to the task Gosgeolkart]. Sankt-Petersburg, VSEGEI Publ., 2018, 104 p. (in Russian).
11. Peter H.F., Jonh L.W., Doug Archibald, Skarmeta J., Serrano L., Vargas R. Mineralogical and Isotopic Zonation in the Sur-Sur Tourmaline Breccia, Rho Blanco-Los Bronces Cu-Mo Deposit, Chile: Implications for Ore Genesis, *Economic Geology*, 2005, v. 100, pp. 935–961.
12. Sillitoe R.H. Ore-related breccias in volcanoplutonic arcs, *Economic Geology*, 1985, v. 80, pp. 1467–1514.
13. Sillitoe R.H. Porphyry Copper Systems, *Economic Geology*, 2010, v. 105, pp. 3–41

УДК 553. 087

МИНЕРАЛОГИЯ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДРАЖНОЕ, РЕСПУБЛИКА САХА (ЯКУТИЯ)*

В.Ю. ЧИКАТУЕВА^{1,2}, С.А. СИТКЕВИЧ²

¹Московский государственный университет им М.В. Ломоносова
1, Ленинские горы, г. Москва 119991, Россия
e-mail: v.chikatueva@igeotech.ru

²ООО «Институт геотехнологий»
1, стр. 77, Ленинские горы, г. Москва 119234, Россия
e-mail: s.sitkevich@igeotech.ru

Приведены новые данные о минеральном составе руд золоторудного месторождения Дражное, расположенного в пределах Тарынского рудного поля. Изучены образцы из центральных и фланговых участков месторождения, характеризующие как рудные, так и безрудные зоны. Детальные исследования взаимоотношений и форм выделений минералов и их агрегатов позволили установить два основных этапа минералообразования: осадочно-диагенетический и гидротермально-метасоматический. Выявлено, что основным осадителем раннего самородного золота являлся пирротин, который в последствии практически полностью был замещен более поздним пиритом в результате повышения фугитивности серы. Самородное золото формировалось из золотосодержащих растворов на поздних стадиях гидротермально-метасоматического этапа и зачастую находится в кварцевых и кварц-карбонатных прожилках в виде самостоятельных выделений, реже ассоциирует с пиритом, арсенопиритом и другими сульфидами. Учитывая тип золоторудной минерализации и предполагаемый глубинный источник растворов, данное месторождение, предварительно отнесено к гидротермально-плутоногенной золотокварцевой формации.

Ключевые слова: золоторудное месторождение; золото; тетраэдрит; пирротин; Дражное.

DOI:10.32454/0016-7762-2019-5-57-63

