

КРАТКИЕ
СООБЩЕНИЯ

УДК 551.441.(571.65)

**МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЗОЛОТА АСКОЛЬД (ОСТРОВ АСКОЛЬД,
ПРИМОРЬЕ, РОССИЯ): ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
И СОСТАВ РУДООБРАЗУЮЩИХ ФЛЮИДОВ**

© 2020 г. О. О. Ставрова^а, *, В. Ю. Прокофьев^а, А. В. Мохов^а, Н. С. Бортников^а

^аИнститут геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
Старомонетный пер., 35, Москва, 119017 Россия

*e-mail: stavr@igem.ru

Поступила в редакцию 30.05.2019 г.

После доработки 30.08.2019 г.

Принята к публикации 11.11.2019 г.

Впервые изучены индивидуальные флюидные включения в кварце рудных прожилков месторождения золота Аскольд, ранее относившегося к эпитермальному типу. Установлено, что золотая минерализация острова Аскольд сформировалась из рудообразующих флюидов углекислотно-водно-солевого состава, с концентрацией солей 2.8–4.1 мас. %-экв. NaCl и высокими концентрациями углекислоты, при температуре 280–324°C и давлении 1240–2170 бар. Тектонический контроль золотого оруденения, наличие в рудах минералов олова и висмута, высокая пробность золота и особенности минералообразующих флюидов (прежде всего высокие давления) свидетельствуют, что месторождение Аскольд можно отнести к типу месторождений золота, связанных с гранитоидными интрузиями.

Ключевые слова: золоторудное месторождение Аскольд, метод сканирующей электронной микроскопии, метод рудной оптической микроскопии, состав самородного золота, микротермометрические исследования флюидных включений, эпитермальный тип золоторудных месторождений, связь с гранитоидными интрузиями

DOI: 10.31857/S0016777020020057

ВВЕДЕНИЕ

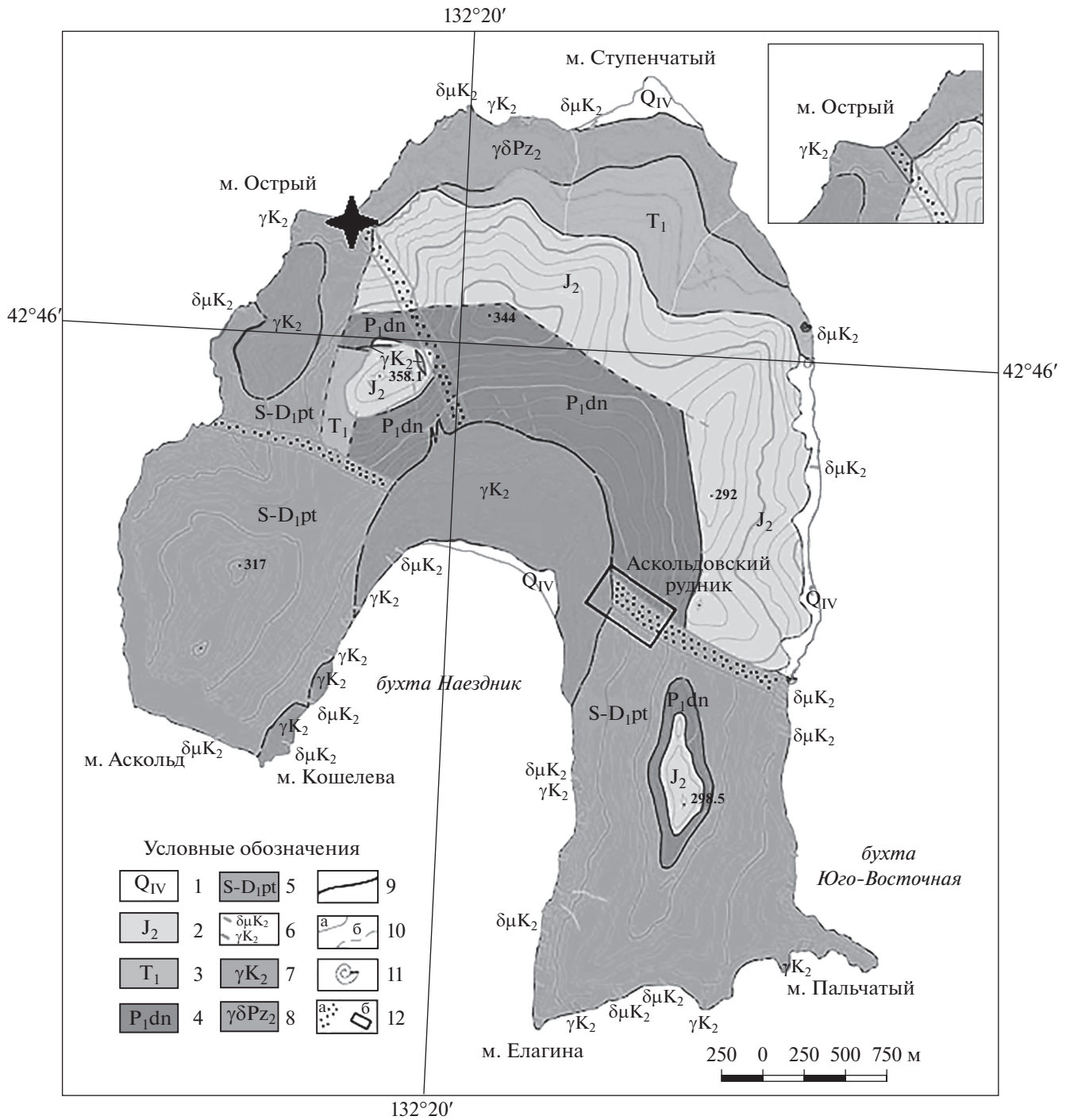
Месторождение золота Аскольд находится на одноименном острове, который расположен в заливе Петра Великого и является одним из самых южных островов России. Добыча рудного золота на острове началась в 1874 г. (Анерт, 1928). Некоторые исследователи (Степанов, 2012) включают месторождение Аскольд в состав Прибрежной металлогенической зоны, которая охватывает южную часть Сихотэ-Алиньского вулканического пояса, протягивающуюся вдоль берега Японского моря на 900 км и сложенную вулканитами и субвулканическими интрузиями кислого и среднего состава преимущественно позднемелового и палеогенового возрастов. К этой зоне приурочен ряд эпитермальных золото-серебряных месторождений, к которым относят и месторождение Аскольд, в основном по географическому положению.

Месторождение Аскольд (Леликов, 2013) приурочено к крутопадающей тектонической зоне северо-западного направления, секущей интенсивно дислоцированные и метаморфизованные палеозойские вулканогенно-осадочные породы и осадочные породы триаса и юры (фиг. 1). Палеозойские и юрские образования прорываются меловой интрузией биотит-роговообманковых гранитов, по соседству с которой расположены золоторудные

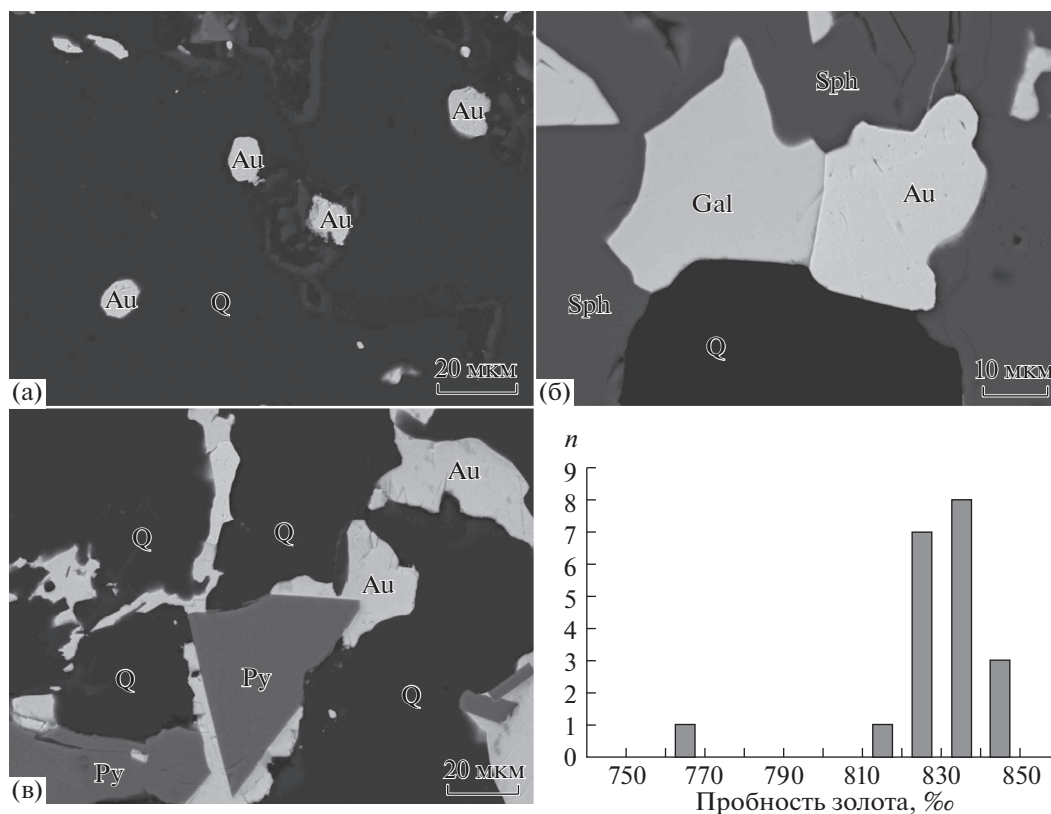
зоны. Рудные тела представлены линейными рудоносными зонами измененных окварцованных и сульфидизированных пород, содержащих многочисленные маломощные (меньше 15 см) жилы и прожилки протяженностью от первых десятков до первых сотен метров с золотой минерализацией, которые и являлись основным объектом промышленной добычи металла на месторождении. Жилы сложены молочно-белым, реже серым кварцем. Общее количество сульфидных минералов, среди которых пирит, галенит, сфалерит и блеклая руда, в объеме руд не превышает 5%. Выделения самородного золота достигают 3–4 мм. Главными минералами руд являются кварц и пирит. Менее распространенные минералы – самородное золото, сфалерит, галенит, халькопирит, блеклая руда, пирротин, мусковит, рутил. Редкие минералы руд: висмутин, станнин, айкинит, калаверит, кюстелит (Степанов, 2012; Леликов, 2013). Ag–Ag возраст гидротермально измененных пород 82.3 млн лет (Иванов, 1997).

**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ
И ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

Нами было проведено изучение минерального состава руд месторождения методом сканирующей



Фиг. 1. Геологическая карта о-ва Аскольд, по (Степанов и др., 2012) с дополнениями. 1 – современные отложения (галечники, валуны, пески); 2 – средняя юра (крупно-, средне- и мелкозернистые песчаники, алевролиты); 3 – нижний триас, Оленёкский ярус (конгломераты, песчаники); 4 – нижняя пермь, Дунайская свита (фельзит-порфиры, кварцевые порфиры); 5 – силур–нижний девон, Пуятинская свита (метаморфизованные конгломераты, биотитовые роговики, метаэффузивы); 6 – верхний мел (дайки диоритовых порфиритов (δμK₂), жилы гранитов, аплитов (γK₂)); 7 – верхний мел (биотит-роговообманковые граниты, плагиограниты); 8 – средний палеозой (гранодиориты, диориты, габбродиориты); 9 – геологические границы; 10 – тектонические нарушения установленные (а), предполагаемые (б); 11 – места находок ископаемой фауны; 12 – зоны дробления (а), Аскольдовский рудник (б).



Фиг. 2. Самородное золото из руд месторождения Аскольд в разных ассоциациях (а – в кварце, б – в сростаниях с галенитом, сфалеритом и кварцем, в – в сростаниях с пиритом и кварцем), г – гистограмма значений пробыности золота. а–в – изображения в отраженных электронах. Q – кварц, Gal – галенит, Sph – сфалерит, Py – пирит.

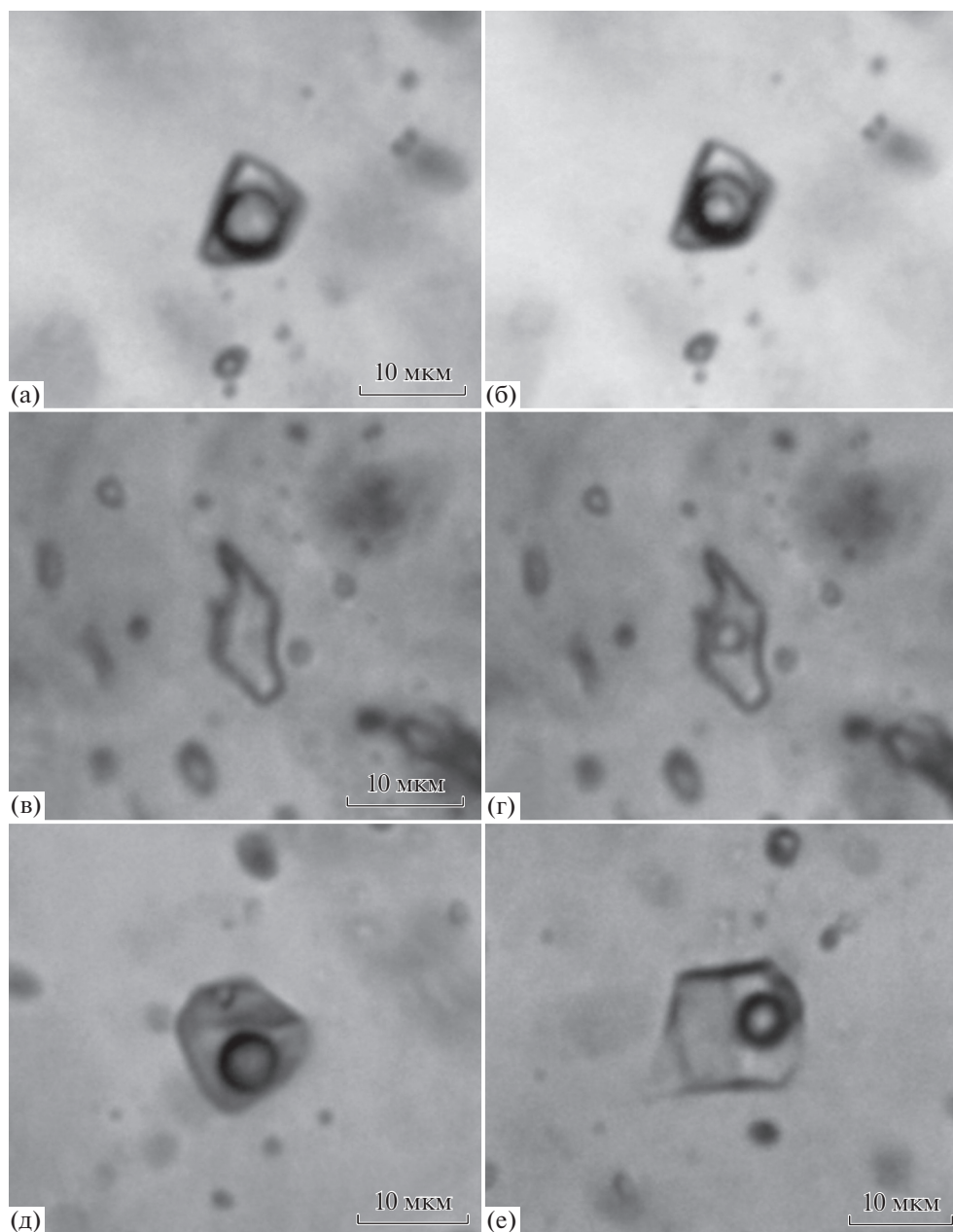
шей электронной микроскопии и исследование флюидных включений в золотоносном кварце.

Изучение аншлифов, изготовленных из образцов золотоносного кварца, проводилось методами оптической микроскопии с последующим анализом химического состава отдельных минералов (самородное золото, сфалерит, пирротин, карбонат) в лаборатории кристаллохимии ИГЕМ РАН на сканирующем электронном микроскопе JEOL-5610-LV с энергодисперсионной приставкой Link ISIS. Предел обнаружения элементов 0.4 мас. %. Основное внимание уделялось составу самородного золота в сростаниях с разными минералами: кварцем, пиритом, сфалеритом, галенитом и карбонатами (фиг. 2). В составе самородного золота из примесей было обнаружено только серебро в количестве 15.0–18.8 мас. %. Пробность его изменяется незначительно – от 769 до 848‰, фиг. 2г). Сфалерит содержит 1.0–1.3 мас. % Fe. В составе карбоната обнаружено 26.2 мас. % Ca, 14.5 мас. % Fe и 7.5 мас. % Mg, что позволяет отнести его к группе доломит-анкерит.

Исследования индивидуальных флюидных включений выполнялись в лаборатории геологии рудных месторождений ИГЕМ РАН по методике, опубликованной в (Прокофьев и др.,

2000). В золотоносном кварце были обнаружены флюидные включения размером более 10 мкм, пригодные для микротермометрических исследований. По фазовому составу при комнатной температуре флюидные включения подразделены на 3 типа (фиг. 3): 1) углекислотно-водные включения (фиг. 3а, б); 2) газовые включения, заполненные плотной углекислотой, иногда с небольшой каймой водного раствора (фиг. 3в, г), и 3) двухфазовые газовой-жидкие включения водно-солевого раствора (фиг. 3д, е).

Встречаются ассоциации газовых включений с углекислотно-водными включениями типа 1, которые располагаются едиными группами, свидетельствуя об одновременном захвате флюидных включений обоих типов. К первичным, в соответствии с известными критериями (Реддер, 2007), отнесены флюидные включения, равномерно распределенные в объеме минерала-хозяина или приуроченные к зонам роста. Ко вторичным включениям отнесены те, что приурочены к секущим минерал-хозяин трещинам. Первично-вторичные флюидные включения приурочены к трещинам внутри кристаллов и зерен, не достигающим внешних границ, а по фазовому наполнению они аналогичны первичным включениям. Результаты изучения пер-



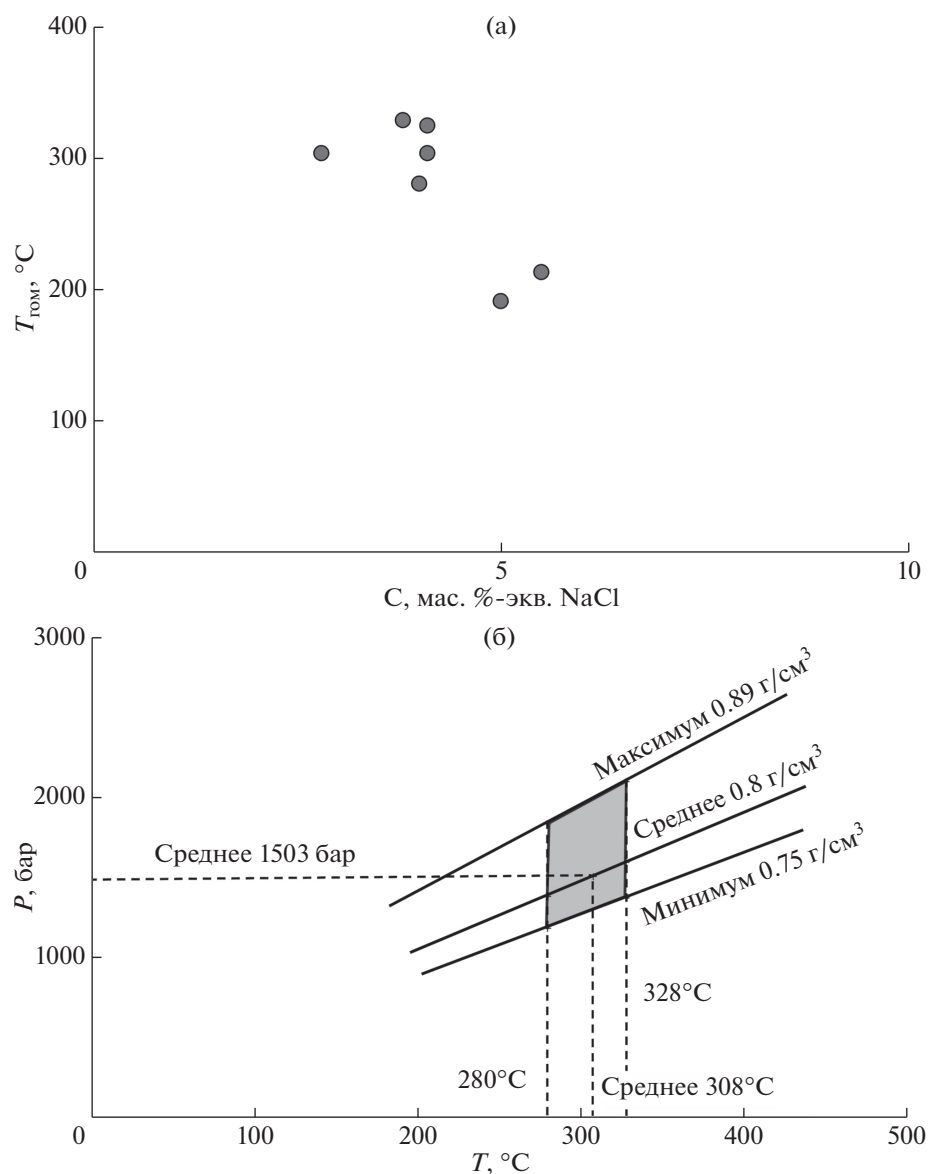
Фиг. 3. Флюидные включения разных типов в рудном кварце месторождения Аскольд: а, б – углекислотно-водные типа 1 (а – +25°C, б – +10°C), в, г – газовые с плотной углекислотой типа 2 (в – +25°C, г – +3°C), д, е – водно-солевые типа 3. Масштаб 10 мкм.

вичных флюидных включений приведены на фиг. 4.

Температуры гомогенизации первичных флюидных включений типа 1 изменяются от 280 до 324°C. Соленость флюида, захваченного включениями этого типа, изменяется от 2.8 до 4.1 мас. %-экв. NaCl (фиг. 4а). Концентрация углекислоты во флюиде 4.1–6.9 моль/кг раствора. Плотность углекислотно-водного флюида 0.89–1.03 г/см³. Судя по величине температуры эвтек-

тики (от –27 до –35°C), во флюидах среди солей преобладали хлориды натрия, железа и магния.

Гомогенизация углекислоты в первичных флюидных включениях типа 2, сингенетичных включениям типа 1, в раннем кварце, происходит в жидкую фазу при температурах от +6.4 до +22.0°C, а плавление углекислоты – от –57.2 до –57.3°C, что близко к температуре плавления чистой углекислоты (–56.6°C) и свидетельствует об отсутствии существенных количеств примесей



Фиг. 4. Данные исследования флюидных включений в рудном кварце месторождения Аскольд. а – диаграмма “температура–соленость”, б – оценка давления минералообразующего флюида.

метана или азота. Плотность углекислоты составляет $0.75\text{--}0.89\text{ г/см}^3$.

Обнаружение сингенетичных флюидных включений типов 1 и 2 позволяет предполагать, что минералообразующий флюид претерпел фазовую сепарацию на два несмешивающихся флюида: в одном преобладала жидкая фаза, а в другом – газовая фаза. Отложение кварца происходило в условиях, когда в зоне отложения минералов находились два несмешивающихся флюида, контрастных по составу и свойствам. Это позволило считать, что температуры гомогенизации флюидных включений соответствовали температурам минералообразования (Реддер, 2007). Давление флюида, оцененное для ассоциаций флюидных включений

типов 1 и 2, захваченных при фазовой сепарации флюида, могло изменяться от 1250 до 2170 бар при температурах от 280 до 324°С (фиг. 4б).

Двухфазовые включения типа 3 гомогенизируются при температурах от 191 до 213°С. Они содержат водный раствор с концентрацией солей 5.0–5.5 мас. %-экв. NaCl, в котором преобладают хлориды натрия (температуры эвтектики изменяются от -25 до -26 °С). Плотность водно-солевого флюида $0.90\text{--}0.91\text{ г/см}^3$.

Высокие давления и концентрации углекислоты во флюиде, низкая его соленость, присутствие в рудах месторождения минералов олова и висмута, свидетельствуют об их сходстве с месторожде-

ниями, связанными с гранитоидными интрузиями, такими как месторождения северо-востока России Школьное и другие (Vikent'eva et al., 2018).

Таким образом, геологические данные, особенности минералогии и физико-химические параметры минералообразующих флюидов свидетельствуют о принадлежности месторождения золота Аскольд к новому для Прибрежной металлогенической зоны Приморья генетическому типу месторождений, связанных с гранитоидными интрузиями. Полученные результаты позволяют предположить перспективы обнаружения в Прибрежной металлогенической зоне Приморья новых месторождений этого типа.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа подготовлена при поддержке программы Президиума РАН № 8 “Минеральные ресурсы для высокотехнологичной промышленности и энергетики”, а также в рамках государственного задания (тема НИР № 0136-2018-0022).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анерт Э.Э.* Богатства недр Дальнего Востока. Хабаровск; Владивосток: Книжное дело, 1928. 932 с.
- Леликов Е.П.* Остров Аскольд: геологическое строение и золотоносность // Вестник ДВО РАН. 2013. № 6. С. 198–204.
- Иванов В.В.* Особенности минералогии золото-висмут-теллурического оруденения Сихотэ-Алиня // Геология, минералогия и проблемы рудообразования Приамурья. Благовещенск: АмурКНИИ ДВО РАН: АО МО РАН, 1997. С. 20–27.
- Прокофьев В.Ю., Бортников Н.С., Зорина Л.Д., Куликова З.И., Матель Н.Л., Колпакова Н.Н., Ильина Г.Ф.* Генетические особенности золото-сульфидного месторождения Дарасун (Восточное Забайкалье, Россия) // Геология руд. месторождений. 2000. Т. 42. № 6. С. 526–548.
- Реддер Э.* Флюидные включения в минералах. М.: Мир, 1987. Т. 1. 560 с. Т. 2. 632 с.
- Степанов В.А.* Металлогения золота Приморья // Вестник Амурского государственного университета. Сер. Естеств. и экон. науки. 2012. Вып. 59. С. 112–119.
- Vikent'eva O.V., Prokofiev V.Yu., Gamyagin G.N., Goryachev N.A., Bortnikov N.S.* Intrusion-related gold-bismuth deposits of North-East Russia: PTX parameters and sources of hydrothermal fluids // Ore Geol. Rev. 2018. V. 102. P. 240–259.