



Условия образования кварцевожилыной минерализации Кыввожского золотороссыпного поля на Среднем Тимане (по данным изучения флюидных включений)

Н. В. Сокерина¹, М. Ю. Сокерин¹, Ю. В. Глухов¹, С. И. Исаенко¹, Р. И. Шайбеков¹, С. О. Зорина²

¹Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
nvsokerina@rambler.ru, sokerin@geo.komisc.ru, glukhov@geo.komisc.ru,
s.i.isaenko@gmail.com, shaybekov@geo.komisc.ru

²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань
svzorina@yandex.ru

Впервые проведено изучение флюидных включений в жильном кварце Кыввожского золотороссыпного поля и в кварце золотокварцевых сростков из россыпи (применялись методы гомогенизации, криометрии, КР-спектроскопии). Установлено, что в жильном кварце температура гомогенизации флюидных включений колеблется в интервале 220–425 °С, жидкая фаза представлена водными растворами, преимущественно хлорида натрия и магния. Температура гомогенизации флюидных включений в кварце золотокварцевых сростков составляет 220–330 °С, в жидкой фазе преобладает водный раствор хлорида натрия. Минералообразование протекало в два этапа: на первом флюид был обогащен азотом, на втором – углекислым газом.

Ключевые слова: кварц, флюидные включения, условия образования, золото.

Formation conditions of quartz-vein mineralization of the Kyvvozh gold placer in the Middle Timan (according to results of study of fluid inclusions)

N. V. Sokerina¹, M. Yu. Sokerin¹, Yu. V. Glukhov¹, S. I. Isaenko¹, R. I. Shaibekov¹, S. O. Zorina²

¹Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

²Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan

We present a novel study of fluid inclusions in the vein quartz of the Kyvvozh gold placer field and in the quartz of gold-quartz intergrowths from the placer (methods of homogenization, cryometry, and Raman spectroscopy were used). We determined that in vein quartz the homogenization temperature of fluid inclusions fluctuated in the range of 220–425 °C, the liquid phase was represented by aqueous solutions, predominantly sodium and magnesium chloride. The homogenization temperature of fluid inclusions in quartz of gold-quartz intergrowths is 220–330 °C, and an aqueous solution of sodium chloride predominates in the liquid phase. Mineral formation proceeded in two stages: at the first stage, the fluid was enriched with nitrogen, at the second stage – with carbon dioxide.

Keywords: quartz, fluid inclusions, conditions for the formation, gold.

Введение

Россыпная золотоносность Кыввожского района выявлена ухтинскими геологами в ходе поисковых работ на алмазы. Были разведаны четыре небольшие россыпи на левых притоках р. Белая Кедва — в ручьях Кыввож, Средний Кыввож и Димтэмъель — и выделено Кыввожское золотороссыпное поле (Государственная..., 2015; Дудар, 1996; Плякин, Ершова, 2012). Основная часть россыпного золота сконцентрирована в породах коренного плотика, представленного рифейскими сланцами, и в приплотиковых пойменно-русловых голоценовых псефитах. Находки плохо окатанного крупного золота, а также его агрегатных срост-

ков с кварцем и сланцевыми обломками рассматривались предшественниками как показатель близости россыпей к коренным источникам (Дудар, 1996). Предполагалась связь коренного оруденения с объектами гидротермально-метаморфогенного золотокварцевого или золото-кварц-сульфидного генезиса (Глухов и др., 2018). Неоднократно предпринимавшиеся поиски коренных источников россыпей успеха не имели. В связи с этим остро встал вопрос определения поисковых признаков золотого оруденения в районе. В данной статье представлены результаты исследования флюидных включений в коренном жильном кварце и в кварце золотокварцевых сростков из россыпей Кыввожского золотороссыпного поля.

Для цитирования: Сокерина Н. В., Сокерин М. Ю., Глухов Ю. В., Исаенко С. И., Шайбеков Р. И., Зорина С. О. Условия образования кварцевожилыной минерализации Кыввожского золотороссыпного поля на Среднем Тимане (по данным изучения флюидных включений) // Вестник геонаук. 2023. 3(339). С. 3–10. DOI: 10.19110/geov.2023.3.1

For citation: Sokerina N. V., Sokerin M. Yu., Glukhov Yu. V., Isaenko S. I., Shaibekov R. I., Zorina S. O. Formation conditions of quartz-vein mineralization of the Kyvvozh gold placer in the Middle Timan (according to results of study of fluid inclusions). Vestnik of Geosciences, 2023, 3(339), pp. 3–10, doi: 10.19110/geov.2023.3.1

Геологический очерк

Кыввожское золотороссыпное поле расположено в центральной части Вымского блока Тиманского складчато-надвигового сооружения, геоморфологически выраженного в рельефе возвышенностями Вольско-Вымской гряды Среднего Тимана. В пределах блока на поверхность выведены рифейские образования пижемской, покъюской и лунвожской свит (рис. 1). Свиты сложены близкими по литологическому составу породами — серицит-кварц-хлоритовыми, серицит-кварцевыми углеродсодержащими алевросланцами, кварцевыми и кварцитовидными песчаниками — и отличаются по количественному соотношению этих литотипов в различных интервалах разреза и текстурно-структурным особенностям.

Залегание пород осложнено мелкоамплитудной складчатостью, послойными срывами, взбросами и крутопадающими разрывными нарушениями. Послед-

ние контролируют развитие кварцевой и кварц-карбонатной жильной минерализации, участки катаклаза и брекчирования, сопровождаемые окварцеванием, серицитизацией, каолинизацией пород и — редко — вкрапленной пиритизацией.

Исследованная жильная минерализация представлена кварцевыми, кварц-хлоритовыми, кварц-анкерит-сидеритовыми прожилками и жилами толщиной до 15 см, имеющими крутое или субвертикальное падение (рис. 2, а) и простираение, как правило совпадающее со сланцеватостью в алевросланцах и основной отдельностью в песчаниках. Кварц обычно полупрозрачный, крупнозернистый, иногда содержит редкую вкрапленность тонкого пирита, реже галенита и халькопирита.

Золотокварцевые сростки размером до 7.5 мм характеризуются низкой степенью окатанности. Жильный кварц в изученных сростках представлен трещиноватыми полупрозрачными, иногда прозрачными выде-

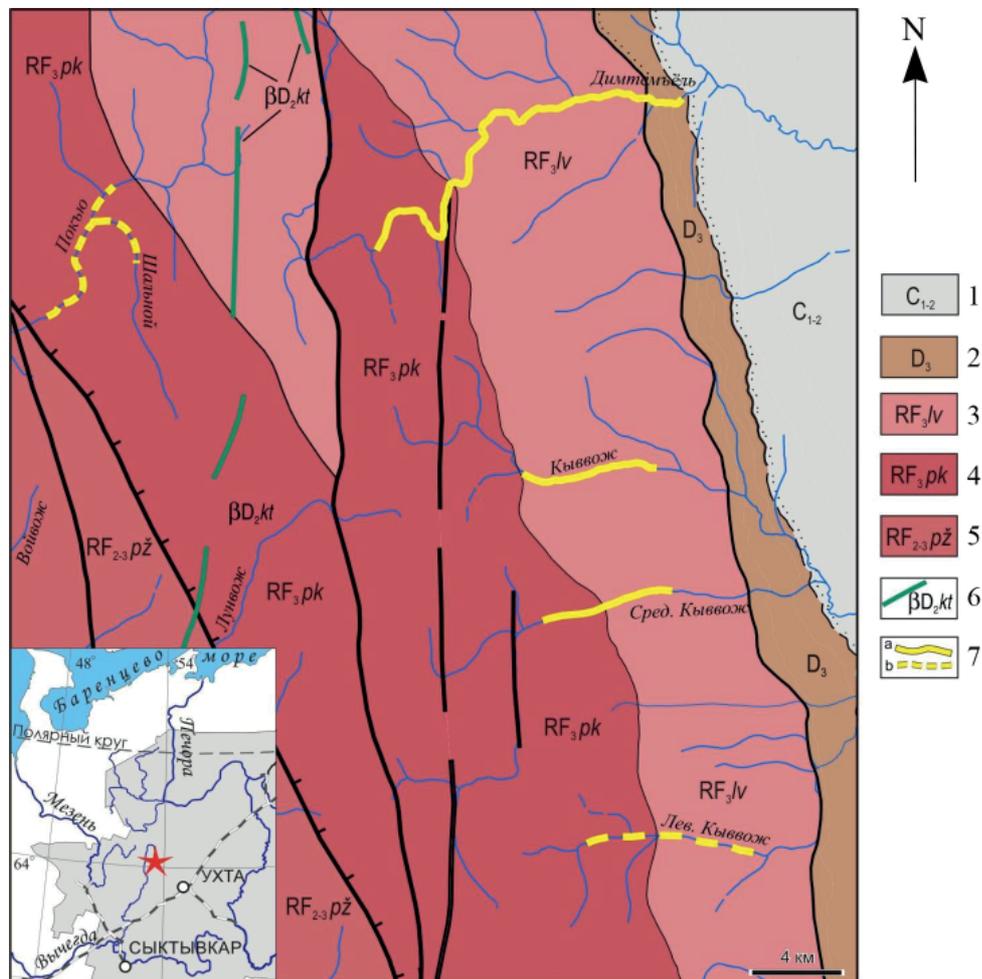


Рис. 1. Схема геологического строения центральной части Вымского блока (по материалам ВСЕГЕИ, 2020 г.): 1, 2 — породы палеозойского чехла: 1 — среднеижнекаменноугольные отложения: глины, аргиллиты, известняки, доломиты; 2 — верхнедевонские отложения: глины, аргиллиты, алевролиты, песчаники, известняки. 3–5 — породы рифейского фундамента: 3 — лунвожская свита: переслаивание метапесчаников, алевросланцев и филлитовидных сланцев; 4 — покъюская свита: метапесчаники, алевросланцы; 5 — пижемская свита: сланцы, метапесчаники; 6 — дайки и силлы среднедевонского Канино-Тиманского долеритового комплекса; 7 — золотоносные россыпи (а) и шлиховые потоки (б)

Fig. 1. Scheme of the geological structure of the central part of the Vym block (based on the data of VSEGEI, 2020): 1, 2 — Paleozoic cover rocks: 1 — Middle-Lower Carboniferous sediments: clays, mudstones, limestones, dolomites; 2 — Upper Devonian sediments: clays, mudstones, siltstones, sandstones, limestones; 3–5, Riphean basement rocks: 3 — Lunvozh suite: interbedding of metasandstones, silty schists, and phyllite-like shales; 4 — Pokyu suite: metasandstones, siltstones; 5 — Pizhma suite: shales, metasandstones; 6 — dikes and sills of the Middle Devonian Kanin-Timan dolerite complex; 7 — gold-bearing placers (a) and schlich flows (b)



лениями, образующими тесные сростания с самородным золотом (рис. 2, b, c), которое выполняет в кварце трещины, каверны, цементирует катаклазированные участки. Реже наблюдаются микроскопические выделения золота внутри зерен кварца. В свою очередь, кварц может образовывать небольшие округлые включения в самом золоте. В одном из образцов субмикронные округлые выделения золота наблюдаются во флюидном включении в качестве минерала-узника (рис. 3, f). Поверхность сростков часто покрыта тонкими плёнками оксигидроксидов Fe и Mn, что предполагает пребывание сростков в зоне окислительного барьера. На срезах зерен кварца обнаружены редкие включения ильменита, титаномагнетита и углеродистого вещества. Относительно крупные трещины и пустоты, возникшие вследствие механических деформаций уже сформированных золотокварцевых сростков, заполнены гётит-иллит-каолининовым материалом с гнездообразными выделениями хлорита, обломками зёрен кварца, альбита и редкими микроскопическими зёрнами оксигидроксидов марганца, титановых минералов, сидерофиллита, плюмбогуммита, флоренсита, других недиагностированных фаз фосфатов редкоземельных элементов, цеолитов. Природа этого образования остается до конца неясной. Вероятнее всего, это обломки выветрелых вмещающих алевросланцев и, учитывая присутствие типичных гипергенных минералов, слабо метаморфизованный материал глинистой коры выветривания.

Методы исследования

Анализы проведены в Центре коллективного пользования «Геонаука». Изучение флюидных включений в кварце проводилось в полированных с двух сторон пластинах методами гомогенизации и криометрии с использованием термокриостатика THMSG600 фирмы Linkam, погрешность ± 0.5 °C. Наблюдение велось с помощью микроскопа Amplival (Carl Zeiss Jena) с длиннофокусным объективом 50x, DW 10.6. Соленость растворов во включениях измерялась по температуре плавления льда (Bodnar, Vityk, 1994). Солевой состав включений определялся по температуре эвтектики водно-солевой системы (Борисенко, 1977). Давление оценивалось по пересечению изохоры и изотермы (Мельников и др., 2008). Состав газовой фазы индивидуальных включений изучался на высокоразрешаю-

щем КР-спектрометре LabRam HR800 (Horiba Jobin Yvon) при комнатной температуре, мощность возбуждающего излучения Ar⁺ лазера — 120 мВт (514.5 нм). Содержания газов подсчитывались по методике (Burke, 2001).

Результаты изучения флюидных включений

Для определения условий образования жильной минерализации района проведено исследование флюидных включений в жильном кварце из 13 жильных тел. Заметных различий флюидных включений из кварца разных по составу жил не обнаружено, поэтому в дальнейшем обсуждении эти данные объединены. Кроме того, нами просмотрено несколько золотокварцевых сростков из россыпи, но изучить флюидные включения в кварце удалось только в двух из них.

Характеристика флюидных включений в жильном кварце

В первичных включениях жильного кварца (рис. 3, a) температура эвтектики водной фазы изменяется от -25 до -30 °C, что свидетельствует о присутствии в ней хлорида натрия с примесями. При охлаждении наблюдается образование газогидратов, которые плавятся при $0-10$ °C. Гомогенизация происходит при $310-425$ °C как в жидкую, так и в газовую фазы. По данным КР-спектроскопии, в составе газов преобладает азот, вторым по значимости является углекислый газ, метан встречается в резко подчиненных количествах (рис. 4).

Первично-вторичные флюидные включения в жильном кварце (рис. 3, b) делятся на два типа. Температура эвтектики водной фазы во включениях первого типа изменяется от -21 до -37 °C, что характерно для водных растворов хлоридов натрия и магния. Концентрация солей, определенная по температуре плавления льда, составляет $7.8-12.0$ вес. % (NaCl экв.). В некоторых включениях при охлаждении образуются газогидраты, которые плавятся при температурах $-1.5...9.0$ °C. Гомогенизация происходит при $220-352$ °C. По данным КР-спектроскопии, в составе газов преобладает азот, вторым по значимости является углекислый газ, метан встречается в резко подчиненных количествах (рис. 4).

Второй тип (рис. 3, c) встречается редко и отличается присутствием плотной углекислоты (был отмечен только в одном образце). При охлаждении наблюдает-



Рис. 2. Изученные типы кварца: а — из кварц-анкерит-сидеритовых жил; б — сростка кварца с золотом-1; в — сростка кварца с золотом-2

Fig. 2. Studied types of quartz: a — from quartz-ankerite-siderite veins; b — intergrowth of quartz with gold-1; c — intergrowth of quartz with gold-2

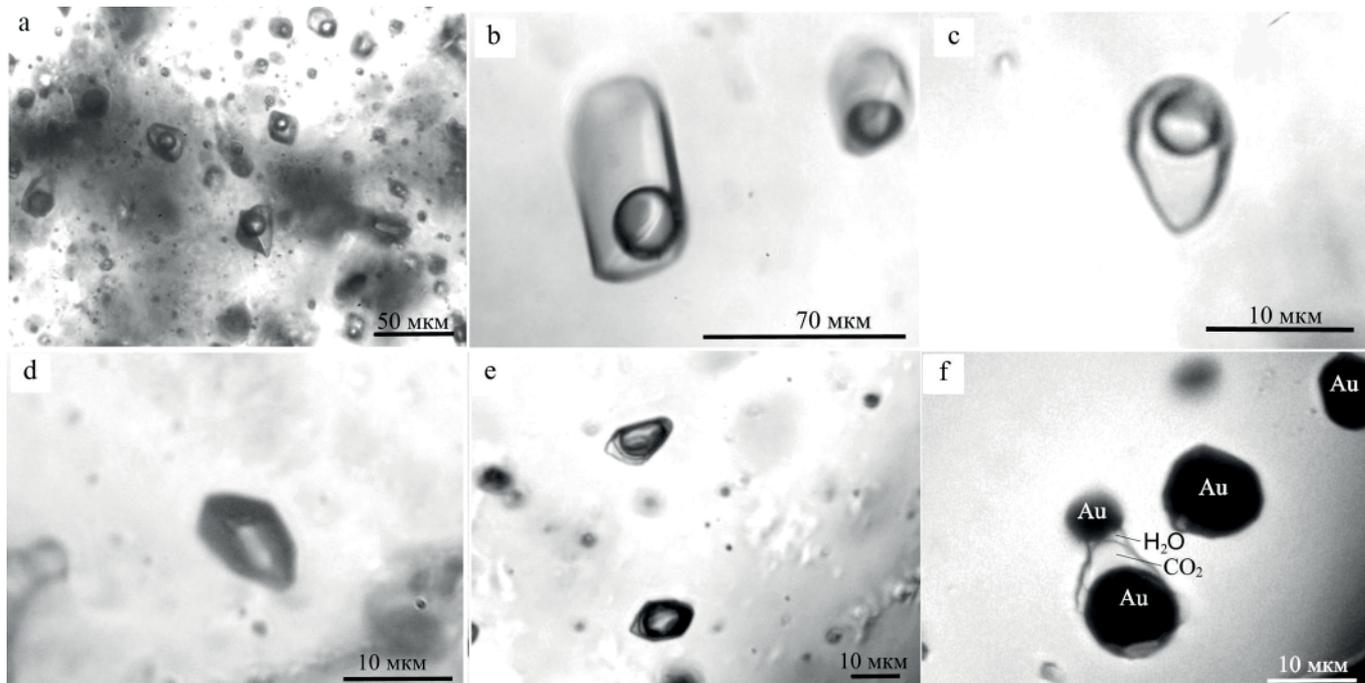


Рис. 3. Флюидные включения при комнатной температуре: а — группа первичных двухфазовых включений в жильном кварце; б — первично-вторичное двухфазовое включение первого типа в жильном кварце; с — первично-вторичное двухфазовое включение второго типа с плотной углекислотой в жильном кварце; д — однофазовое газовое включение в жильном кварце; е — первичное трехфазовое включение с плотной углекислотой в сростке-1; ф — первичное включение с плотной углекислотой и самородным золотом в качестве минерала-узника в сростке-1

Fig. 3. Fluid inclusions at room temperature: а — group of primary two-phase inclusions in vein quartz; б — group of primary-secondary two-phase inclusions (type 1) in vein quartz; с — primary-secondary two-phase inclusion with dense carbon dioxide (type 2) in vein quartz; д — single-phase gas inclusion in vein quartz; е — primary three-phase inclusion with dense carbon dioxide in quartz-gold intergrowth 1; ф — primary three-phase inclusion with dense carbon dioxide and native gold in intergrowth of quartz with gold-1

ся гетерогенизация газовой фазы. Температуру эвтектики жидкой фазы, к сожалению, определить не удалось. Углекислота плавится при $-58.0...-60.1$ °С, ее гомогенизация происходит в интервале $-18.5...14.5$ °С. Температура общей гомогенизации составляет 284 °С (3 замера). По данным КР-спектроскопии, в газовой фазе преобладает углекислый газ и азот, метан встречается в небольших количествах (табл. 1). Образовавшиеся при замораживании газогидраты разлагаются при 10–14 °С (учитывая то, что в составе газов преобладают углекислый газ и азот, мы не можем объяснить такие высокие температуры).

Характеристика флюидных включений в сростках

Сросток 1. Сросток золота с кристаллом горного хрусталя характеризуется хорошей сохранностью. Были изучены первичные включения, отличающиеся по фазовому составу: однофазовые углекислотные, двухфазовые водно-углекислотные, трехфазовые водно-углекислотные (рис. 3, е) и одно четырехфазовое водно-углекислотное включение с твердой фазой, представленной минералом-узником самородным золотом (рис. 3, ф).

Гомогенизация включений происходит при температурах 220–330 °С, чаще в газовую фазу. Эвтектика водно-солевого раствора наблюдается при -23.0 °С, что свидетельствует о преобладании солей натрия в жидкой фазе включения.

Фазовые переходы при охлаждении-нагревании видны плохо, поэтому температура плавления жидкой

фазы не установлена. В одном из включений определена температура разложения газогидрата, которая равна 9 °С. Температура плавления углекислого газа изменяется в интервале $-56.6...-57.1$ °С, гомогенизация происходит при 16–30.0 °С как в жидкую, так и газовую фазу. Плотность газовой фазы изменяется в пределах 0.59–0.61 г/см³, давление углекислоты — около 0.58–0.77 Кбар (табл. 1, рис. 4). Четырехфазовое включение с углекислотой и золотом (рис. 3, ф) отличается более низкой температурой гомогенизации углекислоты, которая равна -52.4 °С (гомогенизация идет в жидкость), и повышенной до 1.16 г/см³ плотностью газовой фазы. По данным КР-спектроскопии, в газовой фазе преобладает углекислый газ.

Сросток 2. Изучение газового состава включений в сростке 2 было осложнено невозможностью изготовления пластинок, поэтому мы смогли изучить только одно двухфазовое включение. Объем газовой фазы в нем не превышает 60 об. %, в составе преобладает азот, в меньшей степени углекислый газ (рис. 4), что характерно для большинства флюидных включений в жильном кварце Кыввожского района. Изучение методами гомогенизации и криометрии не проводилось.

Обсуждение полученных результатов

По температуре гомогенизации определено, что образование кварцевых жил Кыввожского золотороссыпного поля происходило при температурах, близких к 220–425 °С, наиболее интенсивно — при 313–406 °С (рис. 5). Широкий температурный интервал, по-



Таблица 1. Результаты изучения флюидных включений, содержащих плотную углекислоту

Table 1. The results of the study of fluid inclusions with dense carbon dioxide

№	GP	Thom	Thom CO ₂	Tm CO ₂	CO ₂	N ₂	CH ₄	d, g/cm ³	P, Kbar	
		°C			мол. % / mol %					
Первично-вторичные включения 2-го типа в жильном кварце Primary-secondary Type 2 inclusions in vein quartz										
1	30*	~250 _C	+14.0 _L	-58.5	90.86	8.65	0.49	-	-	
2	30*	284 _L	+14.5 _L	-58.0	91.59	8.17	0.24	-	-	
3	30*	284 _L	+14.5 _L	-58.0	91.47	8.38	1.14	-	-	
4	100	-	-18.7 _L	-60.1	-	-	-	-	-	
5	100	-	+4.8 _G	-60.1	-	-	-	-	-	
6	100	-	+2.8 _G	-59.2	-	-	-	-	-	
Первичные включения в золотокварцевом сростке-1 Primary inclusions in gold-quartz intergrowth-1										
7	90*	330 _G	+27.3 _G	-57.1	93.67	6.33	0.00	-	-	
8	90*	330 _G	+16.0 _G	-57.1	86.52	12.95	0.53	-	-	
9	90*	330 _G	+23.0 _G	-57.0	94.71	5.29	0.00	-	-	
10	90	250 _G	+30.0 _L	-56.6	100.00	0.00	0.00	0.59	0.66	
11	95	220 _G	+29.5 _L	-56.6	100.00	0.00	0.00	0.61	0.58	
12	90	295 _G	+30.0 _L	-56.6	100.00	0.00	0.00	0.59	0.77	
13	30**	-	-52.4 _L	-56.6	100.00	0.00	0.00	1.16	-	

Примечание: L, G — гомогенизация в жидкую, газовую фазы; C — взорвалось до гомогенизации; * — при анализе методом рамановской спектроскопии наблюдался большой фон; ** четырехфазовое включение с жидкой углекислотой и золотом.

Note: L, G — homogenization into liquid, gas phases; C — cracking before homogenization; * — large background was observed when analyzing by Raman spectroscopy; ** four-phase inclusion with liquid carbon dioxide and gold.

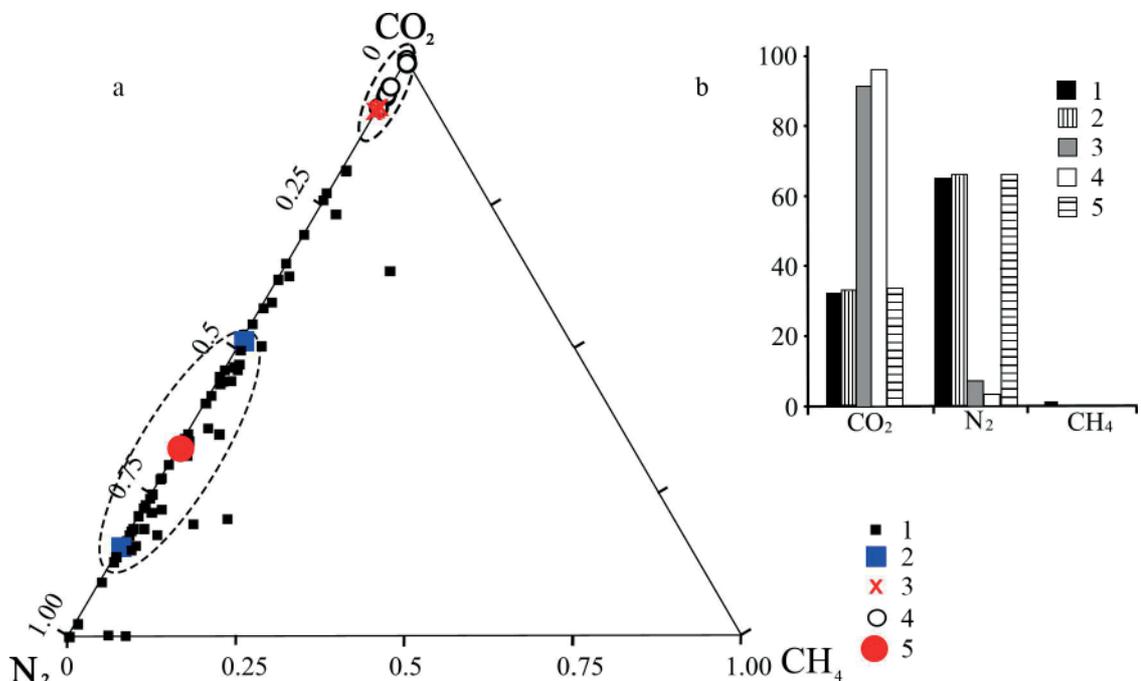


Рис. 4. Состав газов по данным КР-спектроскопии (в мольных долях): а — в индивидуальных включениях; б — средние содержания: 1 — в первичных включениях в жильном кварце (68 замеров); 2 — в первично-вторичных включениях 1-го типа в жильном кварце (2 замера); 3 — в первично-вторичных включениях 2-го типа в жильном кварце (3 замера); 4 — в первичных включениях в сростке-1 (7 замеров); 5 — в первичном включении в сростке-2 (1 замер)

Fig. 4. Gas composition according to Raman spectroscopy, a — individual fluid inclusions; b — average contents: 1 — primary inclusions in vein quartz (68 tests); 2 — type 1 primary-secondary inclusions of in vein quartz (2 tests); 3 — type 2 primary-secondary inclusions of in vein quartz (3 tests); 4 — primary inclusions in intergrowth of gold and quartz 1 (7 tests); 5 — primary inclusions in intergrowth of gold and quartz 2 (1 test)

лимодалное распределение температур гомогенизации характерны для гидротермально-метаморфогенного кварца и связаны с длительностью и многоэтапностью минералообразования.

При изучении кварца обнаружены две основные разновидности флюидных включений: первая — с преобладанием азота в газовой фазе, вторая — с углекислотой, некоторые имеют промежуточный состав (рис. 4).

В многочисленных работах (Бортников и др., 2022; Прокофьев и др., 2022; Шапаренко и др., 2019 и др.), посвященных изучению флюидных включений на золоторудных объектах, установлено преобладание углекислого газа и метана, которое свидетельствует об углекислотно-углеводородном составе рудообразующих флюидов. Во включениях часто присутствует высокоплотная углекислота (Gibsher et al., 2011; Клюкин, 2012; Ставрова и др., 2020 и др.).

Азот встречается реже и обычно в подчиненном количестве. Тем не менее он довольно часто фиксируется в составе флюидных включений на золоторудных объектах. Особенно это стало очевидным с распространением метода КР-спектроскопии, позволяющего диагностировать газовую фазу индивидуальных включений. Ранее же использовался в основном метод газовой хроматографии, который дает представление о валовом составе. В работе (Гибшер и др., 2018) приведены результаты исследования газовой фазы на одном из золоторудных месторождений этими двумя методами. В некоторых случаях в одних и тех же образцах, по данным КР-спектроскопии, присутствуют включения, в газовой фазе которых преобладает азот, а по данным газовой хроматографии он не диагностируется вообще. Это связано с особенностями проведения каждого из анализов, с чувствительностью приборов и, на наш взгляд, свидетельствует о некоторой недооцененности вклада азотсодержащих флюидов в минералообразование золоторудных и других объектов.

На изученном нами объекте преимущественно азотные и углекислотные включения встречены и в

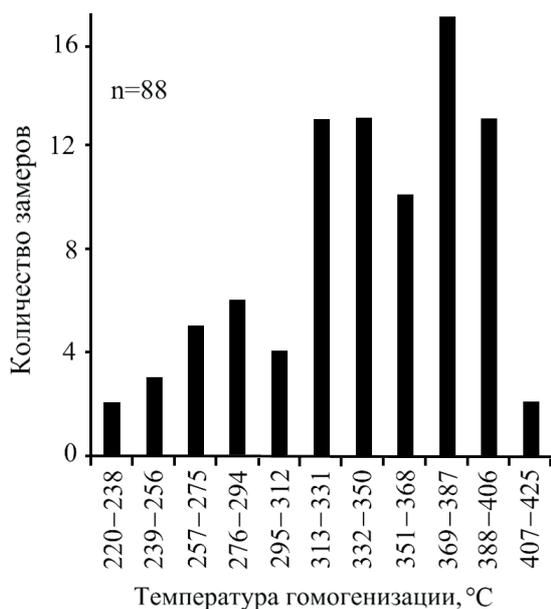


Рис. 5. Распределение температур гомогенизации флюидных включений в кварце

Fig. 5. Distribution of homogenization temperatures in fluid inclusions in quartz

кварцевых жилах из коренных пород, и в сростках из россыпи. В жильном кварце в первичных (более ранних) включениях преобладает азот, а плотная углекислота характерна для первично-вторичных (более поздних) включений.

Преимущественно азотные и углекислотные включения наблюдались на золоторудном проявлении Кожимью на Северном Урале (Сокерина и др., 2013). Там было выделено два основных этапа формирования золотосодержащих кварцевых жил. На начальном этапе, когда среда минералообразования отличалась повышенным содержанием азота, происходила кристаллизация кварца ранней генерации и миграция золотосодержащих комплексов с первичным отложением золота.

Далее обстановка минералообразования менялась на более окислительную. Об этом свидетельствует большое количество углекислого газа в составе первичных включений в позднем кварце. В этих условиях происходило переотложение золота и образование его скоплений. Похожий вариант минералообразования возможен и на изучаемом объекте.

Известно, что источником азота в составе включений могут быть органические соединения, но проведенные исследования не выявили присутствие значительных количеств C_{org} во вмещающих породах и метана в составе флюидных включений, что, скорее всего, исключает его органическое происхождение. Часто присутствие азота связывают с разложением аммонийсодержащих силикатов из вмещающих пород, в которых он в виде иона аммония изоморфно заменяет калий (Bottrell, Miller, 1990; Гибшер и др., 2018). Кроме того, азот может иметь атмосферное или, наоборот, глубинное происхождение. На рудопроявлении Кожимью (Сокерина и др., 2013) азот, по мнению авторов, имеет мантийное происхождение. Изотопные исследования проведены не были, но приуроченность жил данного проявления к кислым интрузивам делает это предположение весьма вероятным. Возможно, азот в флюидных включениях в кварце Кыввожского района также имеет глубинное происхождение. Но из-за отсутствия изотопных исследований и известных магматических тел на данной территории этот вывод носит предположительный характер.

Трудности с установлением коренных источников золота в россыпи привели к многочисленным гипотезам даже среди соавторов этой статьи. Было предположение о гляциальном происхождении россыпи, но сходство флюидных включений в жильном кварце и в сростках показало, что золото, скорее всего, местное, хотя данных для такого вывода пока недостаточно.

Выводы

Образование жильного кварца происходило в широком температурном интервале (220–425 °C) из флюидов, содержащих хлориды натрия и магния с примесями. На начальном этапе флюид был обогащен азотом, потом углекислым газом.

Исследование проведено по теме НИР ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (ГР № 122040600009–2), частично за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (Приоритет-2030).



Литература / References

- Борисенко А. С. Изучение солевого состава растворов газозо-жидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. 1977. № 8. С. 16–27.
- Borisenko, A. S. *Izuchenie solevogo sostava rastvorov gazovo-zhidkih vklyuchenij v mineralah metodom kriometrii* (Study of the salt composition solutions of gas-liquid inclusions in minerals by the cryometric method). *Geology and Geophysics*, No. 8, pp. 16–27.
- Бортников Н. С., Волков А. В., Савва Н. Е., Прокофьев В. Ю., Колова Е. Е., Доломанова-Тополь А. А., Галямов А. Л., Мурашов К. Ю. Эпитермальные Au-Ag-Se-Te-месторождения Чукотки (Арктическая зона России): металлогения, минеральные парагенезисы, флюидный режим // Геология и геофизика. 2022. Т. 63. № 4. С. 522–549. DOI: 10.15372/GiG2021169
- Bortnikov N. S., Volkov A. V., Savva N. E., Prokofiev V. Yu., Kolova E. E., Dolomanova-Topol A. A., Galyamov A. L., Murashov K. Yu. *Epitermal'nye Au-Ag-Se-Te mestorozhdeniya Chukotki* (Arkticheskaya zona Rossii): metallogeniya, mineral'nye paragenezisy, flyuidnyj rezhim (Epithermal Au-Ag-Se-Te deposits of Chukotka (Arctic zone of Russia): metallogeny, mineral paragenesis, fluid regime). *Geology and geophysics*, 2022, V. 63, No. 4, pp. 522–549.
- Гибшер Н. А., Томиленко А. А., Сазонов А. М., Бульбак Т. А., Хоменко М. О., Рябуха М. А., Шапаренко Е. О., Сильянов С. А., Некрасова Н. А. Рудоносные флюиды золоторудного месторождения Эльдorado (Енисейский край, Россия) // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 8. С. 1220–1237. DOI: 10.15372/GiG20180807
- Gibsher N. A., Tomilenko A. A., Sazonov A. M., Bulbak T. A., Khomenko M. O., Ryabukha M. A., Shaparenko E. O., Silyanov S. A., Nekrasova N. A. *Rudonosnye flyuidy zolotorudnogo mestorozhdeniya El'dorado (Enisejskij kryazh, Rossiya)* (Ore-bearing fluids of the Eldorado gold deposit (Yenisei Ridge, Russia)). *Geology and Geophysics*, 2018, V. 59, No. 8, pp. 1220–1237.
- Глухов Ю. В., Кузнецов С. К. и др. Золото из аллювиальных отложений Среднего Кыввожа (Вольско-Вымская гряда, Тиман) // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2018. № 1(33). С. 49–59.
- Glukhov Yu. V., Kuznetsov S. K., et al. *Zoloto iz allyuvial'nyh otlozhenij Srednego Kyvvozha (Vol'sko-Vymskaya gryada, Timan)* (Gold from alluvial deposits of the Middle Kyvvozh (Volsko-Vymskaya ridge, Timan)). *Proceedings of Komi Science Center*, 2018, No. 1(33), pp. 49–59.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Мезенская серия. Лист Q–39 (Нарьян-Мар). Объяснительная записка. СПб.: Изд-во СПб-картфабрики ВСЕГЕИ, 2015. 517 с.
- Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Mezenskaya seriya. List Q–39 (Nar'yan–Mar)* (State Geological Map of the Russian Federation, Scale 1:1 000 000 (third generation), Mezen Series — Sheet Q–39 (Naryan–Mar)), Explanatory Note. St. Petersburg: VSEGEI, 2015, 517 p.
- Дудар В. А. Россыпи Среднего Тимана // Руды и металлы. 1996. № 4. С. 80–90.
- Dudar V. A. *Rossypi Srednego Timana* (Placers of the Middle Timan). *Rudi i metallic*, 1996, No. 4, pp. 80–90.
- Клюкин Ю. И. Флюидный режим формирования золото-теллуридного оруденения Быньговского месторождения. Средний Урал // Литосфера. 2012. № 3. С. 127–138.
- Klyukin Yu. I. *Flyuidnyj rezhim formirovaniya zoloto-telluridnogo orudneniya Byn'govskogo mestorozhdeniya. Srednij Ural* (Fluid regime of formation of gold-telluride mineralization of the Byngovskoye deposit. Middle Ural). *Litosfera*, 2012, No. 3, pp. 127–138.
- Мельников Ф. П., Прокофьев В. Ю., Шатагин Н. Н. Термобарогеохимия. М: Академический проект, 2008. 222 с.
- Melnikov F. P., Prokofiev V. Yu., and Shatagin N. N. *Termobarogeochemiya* (Thermobarogeochemistry). Moscow: Akademicheskij proekt, 2008, 222 p.
- Плякин А. М., Еришова О. В. Золото Тимана. История открытия и изучения // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 12. С. 20–22.
- Plyakin A. M., Ershova O. V. *Zoloto Timana. Istoriya otkrytiya i izucheniya* (Timan Gold. History of discovery and study). *Vestnik of Institute of geology Komi SC UB RAS*, 2012, No. 12, pp. 20–22.
- Прокофьев В. Ю., Наумов В. Б., Миронова О. Ф. Физико-химические параметры и геохимические особенности флюидов кайнозойских золоторудных месторождений // Геохимия. 2022. Т. 67. № 8. С. 717–740. DOI: 10.31857/S0016752522080064.
- Prokofiev V. Yu., Naumov V. B., Mironova O. F. *Fiziko-himicheskie parametry i geohimicheskie osobennosti flyuidov kajnozjskih zolotorudnyh mestorozhdenij* (Physical and chemical parameters and geochemical features of fluids of Cenozoic gold deposits). *Geochemistry*, 2022, V. 67, No. 8, pp. 717–740.
- Сокерина Н. В., Зыкин Н. Н., Кузнецов С. К., Жарков В. А., Исаенко С. И., Шанина С. Н. Условия образования золоторудных кварцевых жил верховьев р. Кожимью (Северный Урал) // Геохимия. 2013. № 1. С. 84–91. DOI: 10.7868/S001675251301007X
- Sokerina N. V., Zykin N. N., Kuznetsov S. K., Zharkov V. A., Isaenko S. I., Shanina S. N. *Usloviya obrazovaniya zolotorudnyh kvarcevyh zhil verhov'ev r. Kozhim'yu (Severnyj Ural)* (Conditions for the formation of gold ore quartz veins in the upper reaches of the Kozhimyu river (The Northern Urals)). *Geochemistry International*, 2013, V. 51, No. 1, pp. 76–82.
- Ставрова О. О., Прокофьев В. Ю., Мохов А. В., Бортников Н. С. Месторождение золота Аскольд (остров Аскольд, Приморье, Россия): физико-химические параметры и состав рудообразующих флюидов // Геология рудных месторождений. 2020. Т. 62. № 3. С. 272–277. DOI: 10.31857/S0016777020020057
- Stavrova O. O., Prokofiev V. Yu., Mokhov A. V., Bortnikov N. S. *Mestorozhdenie zolota Askol'd (ostrov Askol'd, Primor'e, Rossiya): fiziko-himicheskie parametry i sostav rudoobrazuyushchih flyuidov* (Askold gold deposit (Askold Island, Primorye, Russia): physicochemical parameters and composition of ore-forming fluids). *Geology of Ore Deposits*, 2020, V. 62, No. 3, pp. 272–277.
- Шапаренко Е. О., Бульбак Т. А., Хоменко М. О., Гибшер Н. А. Особенности состава летучих компонентов во флюидах золоторудного месторождения Благодатное (Енисейский край, Россия): данные газовой хромато-масс-спектрометрии флюидных включений // Новое в познании процессов рудообразования: Материалы



- Рос. молодеж. науч.-практ. школы с междунар. участием, Москва, 25–29 ноября 2019, ИГЕМ РАН. М., 2019. С. 460–462.
- Shaparenko E. O., Bulbak T. A., Khomenko M. O., Gibsher N. A. *Osobennosti sostava letuchih komponentov vo flyuidah zolotorudnogo mestorozhdeniya Blagodatnoe (Enisejskij kryazh, Rossiya): dannye gazovoj hromatogrammy i mass-spektrometrii flyuidnyh vklyuchenij* (Features of the Composition of Volatile Components in Fluids of the Blagodatnoye Gold Deposit (Yenisei Ridge, Russia): Data of Gas Chromatography–Mass Spectrometry of Fluid Inclusions). Proc. of conference, November 25–29, 2019, IGEM RAS, Moscow, 2019, pp. 460–462.
- Bodnar R. J., Vityk M. O. Interpretation of microthermometric data for H₂O–NaCl fluid inclusions // Fluid inclusions in minerals: methods and applications, Pontignano: Siena. 1994. pp. 117–130.
- Bottrell S. H., Miller M. F. The geochemical behavior of nitrogen compounds during the formation of black shale hosted quartz-vein gold deposits, North Wales // Appl. Geochem. 1990. V. 5. No. 3. pp. 289–296.
- Burke E. A. J. Raman spectroscopy of fluid inclusions // Lithos. 2001 (55). pp. 139–158.
- Gibsher N. A., Tomilenko A. A., Sazonov A. M., Ryabukha M. A., Timkina A. L. The Gerfed gold deposit: fluids and PT-conditions for quartz vein formation (Yenisei Ridge, Russia) // Russian Geology and Geophysics. 2011. T. 52. No. 11. С. 1461–1473. DOI: 10.1016/j.rgg.2011.10.014.
- Roedder E. Fluid inclusions in minerals. Rev. Mineral. 12. 1984. 644 p.

Поступила в редакцию / Received 06.02.2023