ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ ОБРАЗОВАНИЯ КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ ЯРОТАШОРСКОЙ ЗОЛОТОРОССЫПНОЙ ПЛОЩАДИ (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Н. В. Сокерина¹, Т. П. Майорова², С. Н. Шанина¹, С. И. Исаенко¹

¹Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, sokerina@geo.komisc.ru

²СГУ им. Питирима Сорокина, Сыктывкар, mayorova@geo.komisc.ru

Методами гомогенизации, криометрии, газовой хроматографии, рамановской спектроскопии проведено изучение флюидных включений в кварце согласных и секущих жил Яроташорской золотороссыпной площади, сложенной докембрийскими глубокометаморфизованными породами. На основании полученных данных выделено два этапа, включающих три стадии кварцеобразования. С первым этапом связано образование мелкозернистого кварца согласных жил, которое происходило при температурах 255—380 °С. В составе минералообразующих растворов присутствуют хлориды натрия и магния, солёность растворов — до 14 мас. % NaCl экв. В газовой фазе доминирующую роль в одних случаях играет азот, в других — углекислый газ. Второй этап подразделяется на две стадии, первая из которых приурочена к началу образования крупнозернистого кварца секущих жил. Кристаллизация кварца происходила при температурах 310—385 °С. В составе минералообразующих растворов присутствуют хлориды натрия и магния с примесями других солей, солёность растворов — до 12.5 мас. % NaCl экв. Среди газов преобладают углекислый газ и азот. Вторая стадия связана с завершением формирования крупнозернистого кварца секущих жил, которое происходило при более низких температурах (200—225 °С). Минералообразующие растворы были обогащены углекислым газом. На основании полученных данных завершающую стадию образования кварца секущих жил можно рассматривать как потенциально продуктивную на золото.

Ключевые слова: флюидные включения, жильный кварц, золотороссыпной район, Приполярный Урал.

FLUID MODE OF QUARTZ VEIN FORMATION OF YAROTASHOR GOLD PLACER (SUBPOLAR URALS)

N. V. Sokerina¹, T. P. Mayorova², S. N. Shanina¹, S. I. Isaenko¹

¹Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar

²Syktyvkar State University named after Pitirim Sorokin, Syktyvkar

By the methods of homogenization, cryometry, gas chromatography and Raman spectroscopy we have studied fluid inclusions in quartz of conformable and intersecting veins of Yarotashor gold placer composed of Precambrian highly metamorphosed rocks. Based on the obtained data, three main stages of quartz formation were identified. The first stage was related to the formation of fine-crystalline quartz of conformable veins, which had occurred at temperatures of 255—380 °C. The ore-forming solutions contained sodium and magnesium chlorides, the salinity of the solutions was up to 14 wt. % NaCl eq. In the gas phase, the dominant role was often played by nitrogen or carbon dioxide. The second stage was confined to the beginning of the formation of coarse-crystalline quartz of intersecting veins, also developed in conformable veins. Crystallization of quartz occurred at temperatures of 310—385 °C. The ore-forming solutions contained sodium and magnesium chlorides with impurities of other salts, the salinity of the solutions was up to 12.5 wt. % NaCl eq; carbon dioxide and nitrogen predominated in the gas phase. The second stage was associated with the transformation of coarse-crystalline grained quartz of intersecting veins, which had occurred at lower temperatures (200—225 °C). The mineral-forming solutions were enriched with carbon dioxide. On the basis of the obtained data, the final stage of formation of quartz of intersecting veins can be considered as potentially gold productive.

Keywords: fluid inclusions, vein quartz, gold placer, Subpolar Urals.

В настоящее время одним из самых востребованных методов реконструкции флюидного режима гидротермального рудообразования является метод изучения флюидных включений в кварце, которому посвящены многочисленные публикации. Приполярный Урал является одним из крупнейших кварцево-жильных регионов, в котором известны несколько месторождений кварца и горного хрусталя [5], а также месторождения и проявления золота, связанные с кварцевыми жилами (золото-кварцевый и золото-сульфидно-кварцевый типы). На основе термобарогеохимических методов в рудно-россыпных и россыпных райо-

нах Ляпинского антиклинория на Приполярном Урале проводятся планомерные исследования условий образования кварца золоторудных проявлений [11, 12] и других типов кварцевых жил в связи с решением общих проблем кварце- и рудообразования. В частности, в россыпях Яроташорской площади часто встречается неокатанное золото в сростках с кварцем и рудными минералами, т. е. это россыпи ближнего сноса, однако его коренные источники до сих пор не обнаружены. Весьма вероятно, что с кварцевыми жилами в плотике россыпей может быть связано коренное золото. Целью данной работы является реконструкция фи-

зико-химических условий формирования кварцевых жил Яроташорской россыпной площади.

Яроташорскую площадь Ляпинского золотороссыпного района, расположенного на восточном склоне Хобеизской антиклинали, слагают докембрийские глубоко-метаморфизованные породы няртинского комплекса, представленные гранатосодержащими биотитовыми и двуслюдяными гнейсами, амфиболитами, кристаллическими и хлорит-серицитовыми сланцами [9] (рис. 1). Породы осложнены мелкой изоклинальной складчатостью, плейчатостью, для них характерно наличие кливажа, зон тектонического расланцевания и разрывных нарушений. В пределах площади широко развиты как согласные, так и секущие кварцевые жилы, в которых встречается сульфидная минерализация (пирит, реже другие сульфиды). При промышленной отработке россыпей Яроташорской площади, в долинах ручьев Жильный, Надежд, Нинин и других вскрыты плотники россыпей, представленные метаморфизованными и дислоцированными породами с многочисленными кварцевыми жилами.

В жилах, согласных сланцеватости и складчатости кристаллических сланцев, кварц молочно-белый или серовато-белый с отдельными зернами прозрачного или дымчатого кварца, мелко- и среднезернистый, реже с участками крупнозернистого прозрачного или дымчатого кварца, находится на контакте с вмещающей породой. Часто встречаются каверны, выполненные гидроксидами железа, изредка пирит. В секущих жилах кварц молочно-белый, средне- и крупнозернистый, с участками (или зернами) крупно-гигантозернистого* прозрачного или дымчатого кварца. Иногда в этих жилах встречаются гнезда с друзами кристаллов горного хрусталя. Часто присутствуют каверны, заполненные гидроксидами железа. Около-жилльные изменения представлены хлоритизацией, серицитизацией, окварцеванием и карбонатизацией [5]. Нами изучены первичные и первично-вторичные флюидные включения в мелкозернистом кварце согласных и крупнозернистом кварце секущих жил.

Рис. 1. Схематическая геологическая карта Ляпинского мегаантиклинория [4]: а — площадь исследований (показана прямоугольником); б — стратиграфические подразделения района: 1 — нижний протерозой, няртинский комплекс (PR₁nr); свиты — средний рифей: 2 — маньхобейская (R₂mh), 3 — шокуринская (R₂sc); верхний рифей: 4 — пуйвинская и хобеинская объединенные (R₃pv+hb), 5 — мороинская (R₃mr), 6 — кегершорская (R₃kr); 7 — нижний палеозой (O₁-S); 8 — мезозой (MZ); 9 — гранитоиды; 10 — разрывные нарушения; 11 — надвиг, MUF — Главный Уральский разлом; 12 — россыпи золота. Объяснения в тексте

Fig. 1. Geological sketch map of the Lyapin megaanticlinorium (redrawn and modified after [4]). a — rectangle is the study area; b — stratigraphic units: 1 — Lower Proterozoic, Nyartin complex (PR₁nr); suites — Middle Riphean: 2 — Manhobeyu (R₂mh), 3 — Shchekurya (R₂sc); Upper Riphean: 4 — Puiva + Khobeya consolidated (R₃pv+hb), 5 — Moroya (R₃mr), 6 — Kegershor (R₃kr); Lower Paleozoic (O₁-S); 8 — Mesozoic (MZ); 9 — granitoids; 10 — faults; 11 — thrust; MUF — Main Uralian fault; 12 — placer gold. Explanations in the text

*Более распространенным и орфографически верным является написание «крупно- и гигантозернистый», но по настоянию автора оставлен такой вариант

Методы исследования

Изучение флюидных включений в кварце проводилось в полированных пластинах методами гомогенизации и криометрии с использованием термокриостатика THMSG600 фирмы Linkam. Соленость растворов во включениях измерялась по температуре плавления льда [13]. Солевой состав включений определялся по температуре эвтектики водно-солевой системы [2]. Присутствие растворенных газов значительно снижает влияние давления на температуру гомогенизации и позволяет считать ее близкой к температуре минералообразования [14].

Газовый состав индивидуальных включений изучался в полированных пластинах на высокоразрешающем рамановском спектрометре LabRam HR800 (Horiba Jobin Yvon) при комнатной температуре. Для регистрации спектров применялась решетка спектрометра 600 ш/мм, размер конфокального отверстия — 300 и 500 мкм, щель — 100 мкм, мощность возбуждающего излучения He-Ne-лазера (длина волны 632.8 нм) — 20 мВт, Ar⁺ лазера — 120 мВт (514.5 нм).

Валовый состав газов включений был проанализирован на газовом хроматографе «Хром-5» с приставкой для термического вскрытия включений. Для анализа использовались навески кварца массой 0.5 г, фракции 0.25—0.5 мм. Декрепитация включений производилась при температуре 500 °С. Пиролиз образцов проводился в реакторе в атмосфере гелия. Чувствительность метода по основ-

ным компонентам составила (мкл): $2 \cdot 10^{-2}$ для N₂ и CO; $3 \cdot 10^{-2}$ — CH₄ и CO₂; $3 \cdot 10^{-3}$ — H₂O [5].

Все анализы были выполнены на оборудовании Института геологии Коми НЦ УрО РАН в ЦКП «Геонаука».

Результаты исследования

Для определения условий образования кварца изучены первичные и первично-вторичные двухфазные (Ж + Г), реже трехфазные (Ж + Ж_{CO2} + Г) флюидные включения (рис. 2) в мелкозернистом кварце согласных и в крупнозернистом кварце секущих жил.

В крупнозернистом кварце наблюдается много флюидных включений. Первичные включения располагаются поодиночке или мелкими группами и встречаются крайне редко. Включения двухфазные, газовый пузырек занимает 30—40 об. %. Форма разнообразная, часто с элементами огранки. Температура гомогенизации изменяется в интервале 310—385 °С (6 замеров). Температура эвтектики водно-солевого раствора изменяется в интервале –37 ... –27 °С (4 замера). Это, вероятно, свидетельствует о том, что в составе включений преобладают хлориды магния и натрия. Соленость включений 8—12.5 мас. % NaCl экв.

Первично-вторичные включения располагаются обычно в трещинах, не выходящих за пределы зерна, иногда небольшими группами. Включения имеют разнообразную форму, размер не превышает 70 мкм. По составу первично-вторичные включения разделяются на два типа.

Рис. 2. Типичные флюидные включения: а — первичное включение в крупнозернистом кварце 2-го типа; б, с — первично-вторичные включения в крупнозернистом кварце 2-го типа; д — первичное включение в мелкозернистом кварце

Fig. 2. Typical fluid inclusions: а — primary inclusion in coarse-crystalline quartz; б, с — primary-secondary inclusions in coarse-grained quartz; д — primary inclusions in fine crystalline quartz

Включения 1-го типа при комнатной температуре содержат фазу жидкой углекислоты. Объем газовой фазы в вакуолях варьирует в широких пределах (10–70 об. %), что свидетельствует о гетерогенном состоянии захваченного во включения флюида. Температура плавления CO_2 изменяется от -57 до -61.2°C (21 замер) и указывает на присутствие существенного количества примесей метана и азота [13]. Гомогенизация углекислоты происходит в жидкую фазу при температурах от $+5$ до $+24^\circ\text{C}$ (8 замеров). Полная гомогенизация включений наблюдается в интервале $200\text{--}225^\circ\text{C}$ (3 замера), также в жидкую фазу. Распространены аномальные включения (гетерогенного захвата) с температурой гомогенизации $240\text{--}325^\circ\text{C}$ (9 замеров). Гомогенизация углекислоты в этих включениях происходит в интервале от -4.2 до $+28^\circ\text{C}$ (13 замеров). Гомогенизация углекислоты и полная гомогенизация в таких включениях происходит как в жидкую, так и в газовую фазу. Температура эвтектики водно-солевого раствора изменяется в интервале $-37 \dots -27^\circ\text{C}$, что свидетельствует о преобладании в составе солей хлоридов магния и натрия. Соленость не определена вследствие образования газогидрата, плавление которого происходит при температурах до $+10^\circ\text{C}$.

В первично-вторичных включениях 2-го типа углекислота не фиксируется. Объем газового пузырька составляет 5–15 об. %. Температура гомогенизации изменяется в интервале $190\text{--}260^\circ\text{C}$ (13 замеров). Температура эвтектики водно-солевого раствора, как и в предыдущем случае, $-37 \dots -27^\circ\text{C}$ (13 замеров), соленость 8–11 мас. % NaCl экв. (9 замеров).

В мелкозернистом кварце включения встречаются редко. Первичные включения располагаются обособленно. Объем газового пузырька составляет 30–40 об. %. Включения имеют разнообразную форму и гомогенизируются в жидкую фазу в интервале $255\text{--}380^\circ\text{C}$. Температура эвтектики (-32 , -27 , -23°C) характерна для хлоридных растворов натрия и магния, соленость изменяется в интервале 10–14 мас. % NaCl экв.

Состав газов в индивидуальных включениях определен методом рамановской спектроскопии. Установлено, что в мелкозернистом кварце в одних включениях преобладает азот, в других — углекислый газ, метан не фиксируется (табл. 1). Во включениях в крупнозернистом кварце преобладает CO_2 , азот и метан содержатся в подчиненных количествах. Наибольшая доля углекислого газа отмечается в первично-вторичных включениях, содержащих жидкую углекислоту. В первичных включениях доля CO_2 существенно ниже (табл. 1).

Валовый состав флюидных включений определен методом газовой хроматографии. Несмотря на известные недостатки данного метода, связанные с избирательным вскрытием и перемешиванием содержимого включений разных генераций в процессе анализа, полученные данные позволяют сделать ряд важных выводов (табл. 2). Установлено, что крупнозернистый кварц характеризуется более высокой газонасыщенностью. При этом флюиды включений в крупнозернистом кварце в целом отличаются более высокой долей азота, а также более окисленным состоянием: отношение CO_2/CH_4 для мелкозернистого кварца преимущественно варьирует в интервале 5–15, для крупнозернистого — в интервале 30–70.

Таблица 1. Газовый состав флюидных включений по данным рамановской спектроскопии

Table 1. Gas content of fluid inclusions according to Raman spectroscopy

№ образца Sample No.	CO ₂	N ₂	CH ₄	H ₂ S	Описание включения* Description of inclusion	Тип включений Type of inclusions
	мол. % mol %					
Мелкозернистый кварц из согласных жил / Small-grained quartz from conformable veins						
6/13	8.13	91.87	0.00	-	двухфазовое / two-phase	первичное / primary
	72.00	28.00	0.00	-	двухфазовое / two-phase	первичное / primary
	0.00	100.00	0.00	-	двухфазовое / two-phase	первичное / primary
	76.58	23.42	0.00	-	двухфазовое / two-phase	первичное / primary
Крупнозернистый кварц из секущих жил / Large-grained quartz from intersecting veins						
Н-1/13	90.20	9.00	0.80	0.12	трехфазовое / three-phase	п/вторичное / primary-secondary
	88.50	9.80	0.70	-	трехфазовое / three-phase	п/вторичное / primary-secondary
	88.50	9.80	1.40	-	трехфазовое / three-phase	п/вторичное / primary-secondary
	79.70	19.50	0.70	-	трехфазовое / three-phase	п/вторичное / primary-secondary
	56.21	43.41	0.37	-	двухфазовое / two-phase	первичное / primary
	96.33	2.57	1.09	-	трехфазовое / three-phase	п/вторичное / primary-secondary
	68.94	31.03	0.02	-	двухфазовое / two-phase	первичное / primary
	94.79	4.34	0.87	-	трехфазовое / three-phase	п/вторичное / primary-secondary
9/13	95.64	1.23	3.12	-	трехфазовое / three-phase	п/вторичное / primary-secondary
	94.43	2.48	3.10	-	трехфазовое / three-phase	п/вторичное / primary-secondary
	96.24	0.38	3.37	-	трехфазовое / three-phase	п/вторичное / primary-secondary
Ж-3/13	96.97	0.71	2.32	-	трехфазовое / three-phase	п/вторичное / primary-secondary
	97.38	0.08	2.55	-	трехфазовое / three-phase	п/вторичное / primary-secondary
	92.27	0.00	7.70	-	трехфазовое / three-phase	п/вторичное / primary-secondary
	82.70	16.54	0.76	-	трехфазовое / three-phase	п/вторичное / primary-secondary
	16.15	72.92	10.94	-	двухфазовое / two-phase	п/вторичное / primary-secondary
	15.29	80.43	4.28	-	двухфазовое / two-phase	п/вторичное / primary-secondary

* двухфазовое: водно-солевой раствор + газ; трехфазовое: водно-солевой раствор + газ + жидкая CO_2 (при охлаждении).

* two-phase: water-salt solution + gas; three-phase: water-salt solution + gas + liquid CO_2 (when cooling).

Таблица 2. Валовое содержание газов по данным газовой хроматографии

Table 2. General content of gases according to gas chromatography

№ образца Sample No.	N ₂	CO ₂	CH ₄	H ₂ O	N ₂	CO ₂	CH ₄
	мкг/г mcg/g				мол.% mol%		
	Мелкозернистый кварц / Small-grained quartz						
3/13	1.2	5.3	0.33	210	23.89	65.14	10.97
4/13	<0.05	6.3	0.16	144	0.00	93.30	6.70
5/13	<0.05	9.3	0.25	1023	0.00	93.05	6.95
6/13	<0.05	4.6	0.03	96	0.00	98.00	2.00
7/13	<0.05	4.3	0.03	64	0.00	98.00	2.00
8/13	<0.05	3.8	0.11	95	0.00	92.30	7.70
МЯ-2/13	0.5	4.9	0.04	145	14.04	83.87	2.08
среднее / average	0.3	5.5	0.14	254	5.42	89.09	5.49
	Крупнозернистый кварц / Large-grained quartz						
9/13	4.2	32.0	0.18	661	16.92	81.84	1.24
10/13	4.2	26.4	0.32	928	19.52	77.90	2.58
СРЯ-1/13	0.5	36.1	0.19	352	1.97	96.62	1.42
Н-1/13	1.0	19.7	0.21	545	7.03	90.29	2.68
Ж-2/13	1.4	9.7	0.40	429	16.97	74.51	8.52
Ж-3/13	0.8	16.0	0.14	621	7.45	90.36	2.19
среднее / average	2.0	23.3	0.24	589	11.64	85.25	3.11

Обсуждение результатов

На основании полученных данных можно выделить два этапа, включающих три стадии кварцеобразования, которым соответствуют три генерации изученных флюидных включений.

Первый этап, по нашему мнению, связан с образованием мелкозернистого кварца согласных жил, которое происходило при температурах 255–380 °С. В составе минералообразующих растворов присутствуют хлориды натрия, магния. Растворы имеют соленость до 14 мас. % NaCl экв. В газовой фазе, судя по рамановским исследованиям первичных включений, преобладают или азот, или углекислый газ. Метан, который обычно связывают с метаморфогенными преобразованиями, в данном случае присутствует в незначительных количествах (ниже предела чувствительности рамановского спектрографа).

Второй этап связан с образованием крупнозернистого кварца и может быть разделен на две стадии. Первая стадия приурочена к началу образования крупнозернистого кварца, которое происходило при температурах 310–385 °С. В составе минералообразующих растворов присутствуют хлориды натрия, магния с примесями других солей; соленость растворов до 12.5 мас. % NaCl экв. В минералообразующем растворе присутствуют углекислый газ, азот, в подчиненном количестве — метан.

Вторая стадия соответствует завершающему этапу формирования крупнозернистого кварца, который происходил при более низких температурах (200–225 °С). Солевой состав при этом не изменился. Эта стадия отличается повышенным содержанием CO₂ в составе флюидов, что в первую очередь фиксируется по присутствию в кварце включений с жидкой углекислотой.

Яроташорская золотоносная площадь, охватывающая территорию правых притоков р. Маньи — ручьев Жильный, Надежд, Нинин и других — входит в состав восточного хрусталеносного пояса Приполярноуральской хрусталеносной провинции, для которой за длительный период изучения (с 50-х годов XX века) разработаны общие вопросы геологии и генезиса кварцевых жил и месторождений, в том числе предложена эволюционно-

генетическая схема кварцеобразования, включающая четыре этапа: позднепротерозойский (согласные жилы мелкозернистого кварца в метаморфитах няртинского комплекса), венд-раннекембрийский (согласные жилы крупно-гигантозернистого кварца в рифейских породах обрамления няртинского комплекса), позднекаменноугольный-раннепермский (секущие жилы крупно-гигантозернистого кварца), пермско-триасовый (образование хрусталеносных гнезд) [5]. При этом с тремя последними этапами кварцеобразования могло быть связано рудообразование.

Таким образом, по данным изучения флюидных включений и истории развития кварцеобразования на Приполярном Урале, согласные сланцеватости и складчатости жилы мелкозернистого кварца в гнейсах и кристаллических сланцах няртинского комплекса на Яроташорской площади, вероятно, принадлежат к позднепротерозойскому этапу и сформировались в широком температурном интервале 255–380 °С. В формировании крупнозернистого кварца более поздних секущих жил, соотносить которые с определенным этапом общей эволюции кварцеобразования пока невозможно, выделяется начальная, высокотемпературная стадия (310–385 °С) и завершающая, более низкотемпературная (200–225 °С). При этом состав растворов и их соленость в согласных и секущих жилах идентичны, несмотря на, вероятно, длительный перерыв во времени их образования. В то же время завершающая стадия формирования крупнозернистого кварца секущих жил отличается обогащенностью растворов углекислым газом, что для многих месторождений является признаком золотоносности.

Например, при изучении флюидных включений на золоторудных объектах Урала (Синильга, Новогоднее Монто, Березняковское, Быньговское, Кочкарское и др. [1, 3, 7, 8, 11, 12]) установлено, что образование рудной минерализации обычно происходит на фоне снижения температуры. Часто указывают на окислительные условия минералообразования [3, 7, 8], которые выражаются в преобладании углекислого газа в составе флюида и в наличии включений с высокоплотной углекислотой. Под воздействием «углекислотной волны» происходила перера-

ботка бедных рассеянных руд с формированием промышленных [10–12]. Принимая во внимание закономерную для Урала и других регионов связь золоторудной минерализации с углекислотными флюидами, можно предположить, что на Яроташорской площади потенциально продуктивной на золото является заключительная стадия формирования секущих кварцевых жил.

Работа выполнена по теме НИР госзадания (ГР № АААА-А17-117121270036-7) ИГ Коми НЦ УрО РАН и при частичной финансовой поддержке проекта № 18-5-5-57 УрО РАН (ГР № АААА-А17-117121140076-3).

Литература

1. Викентьев И. В., Мансуров Р. Х., Иванова Ю. Н. и др. Золото-порфировое Петропавловское месторождение (Полярный Урал): геологическая позиция, минералогия и условия образования // Геология рудных месторождений. 2017. Том 59. № 6. С. 501–541.
2. Борисенко А. С. Изучение солевого состава растворов газово-жидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. 1977. № 8. С. 16–27.
3. Ключин Ю. И. Флюидный режим формирования золото-теллуридного оруденения Быньговского месторождения, Средний Урал // Литосфера. 2012. № 3. С. 127–138.
4. Кондаин О. А. и др. Государственная геологическая карта масштаба 1:1000000 лист Q 40, 41 (Воркута), СПб.: ВСЕГЕИ, 2001 г.
5. Кузнецов С. К. Жильный кварц Приполярного Урала. СПб.: Наука, 1998. 203 с.
6. Миронова О. Ф., Наумов В. Б., Салазкин А. Н. Азот в минералообразующих флюидах. Газохроматографическое определение при исследовании включений в минералах // Геохимия. 1992. № 7. С. 979–991.
7. Плотинская О. Ю., Грознова Е. О. Условия образования на эпипермальном Au-Ag-Te-Se-месторождении Березняковское, Южный Урал // XIII Международная конференция по термобарогеохимии и IV симпозиума APIFIS. ИГЕМ: Материалы конф. М., 2008. Т. 2. С. 101–103.
8. Прокофьев В. Ю., Спиридонов Э. М. Состав метаморфизованных флюидов и условия преобразования руд Кочкарского золоторудного месторождения // Петрография на рубеже 21 века: итоги и перспективы: Материалы конф. Сыктывкар: Геопринт, 2000, Т. 3. С. 88–90.
9. Пыстин А. М. Полиметаморфические комплексы западного склона Урала. СПб.: Наука, 1994. 208 с.
10. Ройзенман Ф. М. Теория богатого рудообразования под воздействием «углекислотной волны». М.: Издательство МЮИ, 2008. 84 с.
11. Сокерина Н. В., Шанина С. Н., Исаенко С. И. Газовый состав рудообразующего флюида золоторудного проявления Синильга, Приполярный Урал // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 3. С. 12–15.
12. Сокерина Н. В., Шанина С. Н., Зыкин Н. Н., Исаенко С. И., Пискунова Н. Н. Условия формирования золоторудной минерализации на проявлении Синильга, Приполярный Урал (по данным изучения флюидных включений) // ЗРМО. 2013. Ч. 142. № 6. С. 88–104.
13. 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. P. 117–130.
14. Roedder E. Fluid inclusions in minerals. Rev. Mineral. 12. 1984. 644 p.
15. Vikentev I. V., Mansurov R. Kh., Ivanova Yu. N. et al. *Zoloto-porfirovoye Petropavlovskoye mestorozhdeniye (Polyarnyy Ural): geologicheskaya pozitsiya, mineralogiya i usloviya obrazovaniya* (Porphyry-Style Petropavlovskoe Gold Deposit, the Polar Urals: Geological Position, Mineralogy, and Formation Conditions). *Geology of Ore Deposits*, 2017, V. 59, No. 6, pp. 482–520.
16. Borisenko A. S. *Izucheniye solevogo sostava rastvorov gazovo-zhidkiy vklyuchenij v mineralah metodom kriometrii* (Study of salt composition of gas-liquid inclusions in minerals by cryometry). *Geologiya i geofizika*, 1977, No. 8, pp. 16–27.
17. Klyukin Yu. I. *Flyuidnyy rezhim formirovaniya zoloto-telluridnogo orudneniya Byngovskogo mestorozhdeniya, Sredniy Ural* (Fluid mode of formation of gold-telluride occurrence of Bungovsky deposit, Middle Urals). *Litosfera*, 2012, No. 3, pp. 127–138.
18. Kondain O. A. State geological map of 1:1000000 scale, Q 40, 41 sheets (Vorkuta), SPb VSEGEI, 2001).
19. Kuznecov S. K. *Zhilnyy kvartc Pripolyarnogo Urala* (Vein quartz of Subpolar Urals). St. Petersburg: Nauka, 1998, 203 p.
20. Mironova O. F., Naumov V. B., Salazkin A. N. *Azot v mineraloobrazuyushchih flyuidah. Gazohromatograficheskoye opredeleniye pri issledovanii vklyuchenij v mineralah* (Nitrogen in mineral forming fluids. Gas chromatography determination at study of inclusions in minerals). *Geokhimiya*, 1992, No. 7, pp. 979–991.
21. Plotinskaya O. Yu., Groznova E. O. *Usloviya obrazovaniya na ehipermal'nom Au-Ag-Te-Se-mestorozhdenii Berезняkovskoye, Yuzhnyy Ural* (Formation conditions at epithermal Berезnyakovskoe Au-Ag-Te-Se deposit). 13th international conference on thermobarogeochemistry. IGEM, Moscow, 2008, V. 2, pp. 101–103.
22. Prokof'ev V. Yu., Spiridonov E. M. *Sostav metamorfizovannykh flyuidov i usloviya preobrazovaniya rud Kochkanarskogo zolotorudnogo mestorozhdeniya* (Composition of metamorphized fluids and conditions of transformation of ores of Kochkanarskoe gold deposit). *Petrografiya na rubezhe 21 veka: itogi i perspektivy*. Proceedings of conference. Syktyvkar: Geoprint, 2000, V. 3, pp. 88–90.
23. Pystin A. M. *Polimetamorficheskie komplekсы zapadnogo sklona Urala* (Polymetamorphic complexes of western slope of the Urals). St. Petersburg: Nauka, 1994, 208 p.
24. Roizenman F. M. *Teoriya bogatogo rudoobrazovaniya pod vozdeystviem «uglekislotnoy volny»* (Theory of rich ore formation under influence of hydrocarbon wave). Moscow, 2008, 84 p.
25. Sokerina N. V., Shanina S. N., Isaenko S. I. *Gazovyy sostav rudoobrazuyushchego flyuida zolotorudnogo proyavleniya Sinil'ga, Pripolyarnyy Ural* (Gas composition of ore forming fluid of gold occurrence Sinilga. Subpolar Urals). *Vestnik of Institute of geology, Komi SC UB RAS, Syktyvkar: Geoprint*, 2012, No. 3, pp. 12–15.
26. Sokerina N. V., Shanina S. N., Zykina N. N., Isaenko S. I., Piskunova N. N. *Usloviya formirovaniye zolotorudnoy mineralizatsii na proyavlenii Sinil'ga, Pripolyarnyy Ural (po dannym izucheniya flyuidnykh vklyuchenij)* (Conditions of formation of ore mineralization at Sinilga deposit, Subpolar Urals (according to study of fluid inclusions). *Proceedings of RMS*. 2013, 142, No. 6, pp. 88–104.
27. 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.
28. Roedder E. Fluid inclusions in minerals. *Rev. Mineral.* 12, 1984, 644 p.