

Газовый состав флюидных включений в кристаллах горного хрусталя на рудопроявлении Синильга, Приполярный Урал

Н. В. Сокекина, С. Н. Шанина, С. И. Исаенко
Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

Синильга относится к золото-кварц-сульфидным проявлениям формационного типа. Оно расположено в центральной части Приполярного Урала, в верховьях р. Пелингичей. Проявление приурочено к экзоконтакту Народинского гранитного массива. Вмещающие породы представлены сланцами пуйвинской свиты среднего рифея. На территории проявления наблюдается большое количество кварцевых жил. Среди них выделяются согласные и секущие кварцевые жилы. С последними связана золоторудная минерализация. Данная работа посвящена изучению газового состава рудообразующего флюида.

Газовый состав индивидуальных включений изучался методом Рамановской спектроскопии. Спектроскопическое исследование образцов жильного кварца проводилось в полированных сколах пород на высокоразрешающем рамановском спектрометре LabRam HR800 (Horiba Jobin Yvon) при комнатной температуре. Для регистрации спектров была задействована решетка спектрометра 600 ш/мм, размер конфокального отверстия составлял 300, щель — 100 мкм, мощность возбуждающего излучения Ar⁺ лазера 120 мВт (514.5 нм).

Валовый состав газов 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. Проба предварительно 30 минут продувалась гелием при температуре 100 °С. Декрепитация включений производилась при температуре 500 °С. Чувствительность метода по основным компонентам составила (мкл): 10⁻² для азота, метана и окись углерода; 2·10⁻² для углекислого газа и 10⁻³ для воды [3].

Для того, чтобы данные хроматографического анализа можно было сравнить с данными рамановской спектроскопии, полученные результаты пересчитаны в мольные проценты, без учета содержания воды.

В процессе работы нами проведено изучение газового состава во флюидных включениях как в незолоторудных (согласных) так и золоторудных (секущих) кварцевых жилах. В согласных жилах исследования проводились в жильном кварце, в секущих — в кварце двух генераций: в жильном кварце и в кристаллах горного хрусталя. В горном хрустале из секущих жил была проанализирована только одна проба. Это связано с трудностями при отборе образцов: в основном эта генерация кварца представлена мелкими щетками и лишь иногда встречаются относительно крупные кристаллы.

Предварительно было проведено визуальное изучение флюидных включений. В кварце секущих жил встречены одно-, двух- и трехфазовые включе-

ния. Однофазовые включения заполнены газом либо водным раствором. В двух- и трехфазовых, как правило, наблюдается водный раствор и углекислота (жидкая и газообразная). Редко встречаются трех-четырехфазовые включения с твердой фазой, представленной обломками минерала-хозяина. В кварце согласных жил наблюдаются одно-двухфазовые включения. Однофазовые включения в основном заполнены водным раствором, двухфазовые — водным раствором и газом.

Для рамановских исследований газовой фазы были отобраны несколько преимущественно сингенетичных включений. Результаты изучения представлены в таблице 1. Установлено, что газовая фаза флюидных включений в основном состоит из углекислого газа. Его содержание увеличивается в направлении от наиболее ранних к наиболее поздним генерациям кварца. Минимальное количество углекислого газа установлено для жильного кварца согласных жил, максимальное — для кристаллов горного хрусталя (табл. 1). Чистая углекислота встречается крайне редко и наиболее характерна для более поздней генерации кварца — кристаллов горного хрусталя из секущих жил. В основном в газовой фазе наблюдается смесь нескольких газов.

Таблица 1
Состав газов во флюидных включениях рудопроявления Синильга, по данным рамановской спектроскопии, мол. %

CO ₂	N ₂	CH ₄
Жильный кварц секущих жил (11 замеров)		
28.9—94.3	5.1—63.6	0.0—7.5
71.8	25.6	2.5
Горный хрусталь (10 замеров)		
86.9—100.0	0.0—12.6	0.0—0.8
93.0	6.7	0.3
Жильный кварц согласных жил (3 замера)		
51.5—74.8	23.1—44.3	2.1—4.2
65.4	31.3	3.2

Примечание. В числителе — интервал значений, в знаменателе — среднее значение.

Чаще всего в виде примеси к углекислому газу встречается азот. Его содержание во включениях уменьшается в направлении от наиболее ранних к наиболее поздним генерациям кварца. Максимальное количество характерно для кварца согласных жил. В меньшей степени он присутствует в жильном кварце секущих жил и кристаллах горного хрусталя.

Метан так же встречается в составе газовой фазы и присутствует в очень незначительных количествах. Его содержание, как и в случае с азотом, уменьшается в направлении от наиболее ранних к

наиболее поздним генерациям кварца. Наибольшее количество отмечено в жильном кварце согласных жил, минимальное — в кристаллах горного хрусталя (табл. 1). Для определения степени окисления минералообразующей среды обычно используют соотношение CO_2/CH_4 [1, 4, 7]. По данным рамановской спектроскопии оно варьирует от 20.4 до 310.0, наименьшее значение наблюдается в кварце согласных жил, наибольшее — в кристаллах горного хрусталя из секущих жил.

Окись углерода во включениях методом рамановской спектроскопии не обнаружена.

Валовый состав газов включений проанализирован методом газовой хроматографии. Результаты исследований представлены в таблице 2. Стоит отметить, что этот метод, в отличие от рамановской спектроскопии, позволяет определить количественное содержание воды. Наибольшее количество воды присутствует в кварце согласных жил, наименьшее — в кварце секущих жил. Значение соотношения CO_2/H_2O в пробах в среднем равно 0.4 и 1.4 соответственно.

При подсчетах количественных соотношений различных газов в составе флюидных включений установлено, что хроматографический анализ в основ-

ном подтверждает данные рамановской спектроскопии. Как уже было сказано выше, газовая фаза флюидных включений в основном состоит из углекислого газа. Максимальное количество характерно для кристаллов горного хрусталя, минимальное — фиксируется в кварце согласных жил.

Вторым по значимости газом в составе флюидных включений является азот. Максимальное его количество фиксируется в жильном кварце секущих жил, минимальное — в кристаллах горного хрусталя.

Метан содержится в очень незначительных количествах, что так же подтверждено данными рамановской спектроскопии. Максимальные содержания фиксируются в жильном кварце согласных жил, минимальные — в жильном кварце секущих жил. Определены средние значения соотношений CO_2/CH_4 , по данным хроматографического анализа максимальное значение установлено для жильного кварца секущих жил, минимальное — для жильного кварца согласных жил (50.0 и 18.1 соответственно).

Отличие хроматографического анализа от рамановской спектроскопии заключается, главным образом, в содержании угарного газа (см. рисунок). Как было отмечено выше, он в отдельных включе-

Таблица 2

Состав газов во флюидных включениях рудопроявления Синильга по данным газовой хроматографии

N_2	CO	CH_4 мкг/г	CO_2	H_2O	N_2	CO	CH_4 мол. %	CO_2
Жильный кварц секущих жил (12 анализов)								
1.4—12.9	1.1—4.0	0.2—0.6	16.1— 111.3	12.6—101.2	2.1—24.2	1.7—16.5	0.8—3.3	65.0—92.5
6.3	2.0	0.4	55.1	38.4	14.3	4.5	1.6	79.6
Горный хрусталь из секущих жил (1 анализ)								
3.9	1.9	0.5	65.2	57.1	8.1	3.9	1.8	86.1
Жильный кварц согласных жил (11 анализов)								
0.0—3.0	0.2—3.5	0.0—0.7	8.5—20.9	6.6—216.2	0.0—20.9	2.3—34.3	0.0—6.6	58.4—81.9
1.4	1.6	0.2	12.5	35.2	12.4	14.3	3.8	69.5

Примечание. В числителе — интервал значений, в знаменателе — среднее значение.

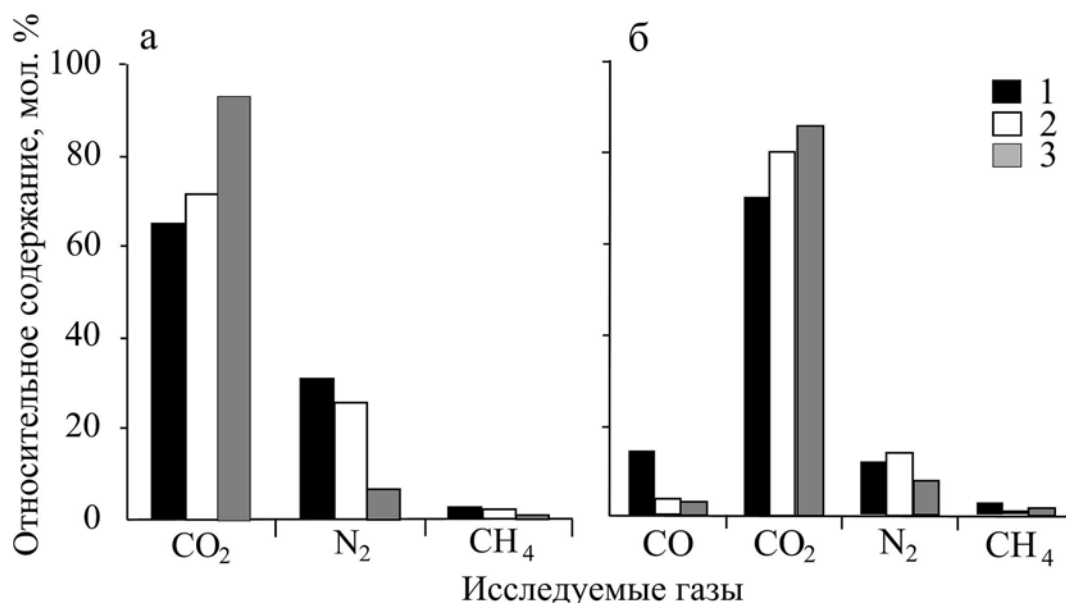


Рис. 1. Относительные содержания газов.

а — по данным рамановской спектроскопии; б — по данным газовой хроматографии. 1 — жильный кварц согласных жил; 2 — жильный кварц секущих жил; 3 — кристаллы горного хрусталя

ниях методом рамановской спектроскопии обнаружен не был. В то же время, газовая хроматография диагностировала незначительные количества этого газа во всех проанализированных пробах. Это может быть связано с тем, что его концентрация в отдельных включениях невелика и чувствительность рамановского спектрометра не позволяет его определить. Возможна и другая причина, связанная с условиями проведения хроматографического анализа: несмотря на то, что используемые нами установка для пиролиза и методика проведения анализа минимизируют синтез отдельных газов во время нагрева пробы, тем не менее, полностью исключить это явление невозможно.

Таким образом, можно предположить, что формирование золоторудной минерализации на рудопроявлении Синильга происходило при активном участии углекислотного флюида. Постоянство связи золота с углекислотой в минералообразующих растворах констатировали многие исследователи [2, 5, 6 и др.]. Эта же закономерность наблюдается и на данном рудопроявлении. Участие остальных газов весьма незначительно. Кроме того, повышенное содержание метана и азота (в сингенетичных включениях), прежде всего, характерно для согласных (более ранних) жил, имеющих гидротермально-метаморфогенное происхождение, поэтому можно предположить, что его источником являются вмещающие породы, представленные углеродсодержащими сланцами пуйвинской свиты. Известно, что при повышенных температурах в углеродсодержащих вмещающих породах возможна реакция взаимодействия графита и аммиака вмещающих пород с образованием метана и азота [4, 7]. Метан и азот могут образоваться вследствие ме-

таморфизма при взаимодействии углерода и воды. Кроме того метан и углекислый газ могут образоваться при взаимодействии углерода и воды, причем сначала образуется преимущественно метан, затем идет образование углекислого газа, как конечного продукта окисления углерода.

Работа выполнена при финансовой поддержке НШ 1310.2012.5, Программ: УрО и ДВО РАН № 12-С-5-1006, Президиума РАН № 12-П-5-1027, ОФИ УрО РАН № 11-5-20-НДР

Литература

1. Банникова Л. А. Органическое вещество в гидротермальном рудообразовании. М.: Наука. 1990. 207 с.
2. Долгов Ю. А., Томиленко А. А., Гишпер Н. А. Флюидный режим формирования и термобарогеохимические критерии золотоносности кварцевых жил в метаморфических породах // Термобарогеохимия минералообразующих процессов. Новосибирск, 1990. С. 7—19.
3. 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.
4. Прокофьев В. Ю. Исследование флюидных включений в минералах Олимпиадинского Au-(Sb-W) месторождения (Енисейский кряж) // Геохимия. 1994. № 7. С. 1012—1029.
5. Сокерина Н. В. Флюидные включения в жильном кварце рудопроявления Чудное // Вестник. № 7. Сыктывкар. 1999. С. 3—4.
6. Сокерина Н. В., Шанина С. Н. Термобарогеохимические условия образования жильного кварца золотопроявления Синильга, Приполярный Урал. (по данным изучения газово-жидких включений) // Уральский геологический журнал. 2001. № 4. С. 145—154.
7. Bottrell. S.H., Carr L.P., Dubessy J. // Mineral Mag. 1988. V. 52. P. 451.