

## ТЕРМОКРИОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ГАЗОВО-ЖИДКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ЗОЛОТОНОСНЫХ ТАЛЬК-КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ КИРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

© 2015 г. В. В. Мурзин, А. А. Гараева

Тальк-карбонатные метасоматиты не обладают формационной самостоятельностью. Они выделяются в составе пород березит-лиственитовой, пропилитовой и гумбеитовой метасоматических формаций [1].

На золоторудных месторождениях тальк-карбонатные являются промежуточным членом зональной колонки процесса лиственитизации, которая имеет вид: серпентинит – антигоритовый серпентинит оталькованный и карбонатизированный – хлорит-тальк-карбонатный метасоматит – тальк-карбонатный метасоматит – кварц-карбонатный метасоматит (серый лиственит) – фуксит-кварц-карбонатный метасоматит (зеленый лиственит) [4]. Химизм процесса лиственитизации ультраосновных пород сводится к постепенному замещению силикатных минералов карбонатом в направлении от внешних зон к внутренним и фиксации освобожденного кремнезема во внутренней зоне в виде кварца. Сами по себе тальк-карбонатные породы в колонках лиственитизации на месторождениях золота, типовым объектом которых является Березовское месторождение на Среднем Урале, слабо золотоносны. Золото в этом процессе привносится магматогенными растворами и фиксируется в прожилках и жилах кварца лиственитов.

На месторождениях талька тальк-карбонатные породы формируются в более глубинных условиях нежели в золоторудных месторождениях. В этом случае тальк-карбонатные породы более ранние, чем березиты-листвениты, генетически с ними не связаны. Вследствие этого пространственно они могут быть совмещенными с лиственитами и обуславливать появление в них золота или же разобщенными [5].

Кировское месторождение находится в северо-западном экзоконтакте позднепалеозойской Джабык-Карагайской гранитной интрузии и приурочено к зоне Сугомакско-Кацбахского глубинного разлома, контролирующего севернее ряд золоторудных проявлений Уйского рудного узла. Оно размещается среди серпентинитов небольшого линзовидного массива, вытянутого в северо-восточном направлении согласно с общим простиранием вмещающих сланцевых толщ (рис. 1). Вмещающая толща представлена метаморфизованными и рассланцованными осадочными и эффузивно-туфовыми

породами  $D_2-C_1$  (кремнисто-серицитовыми, кремнисто-глинистыми, кремнисто-углистыми, хлорит-биотитовыми).

Серпентиниты сильно брекчированы, смяты, рассланцованы и превращены в тальк-карбонатные, тальк-хлоритовые, тальк-актинолитовые, актинолитовые сланцы, хлоритолиты, листвениты и другие

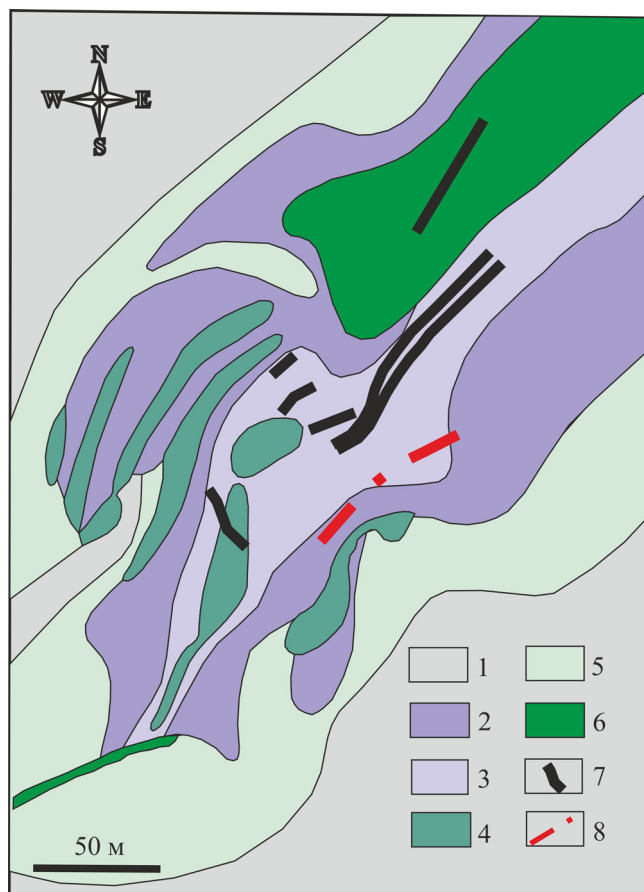
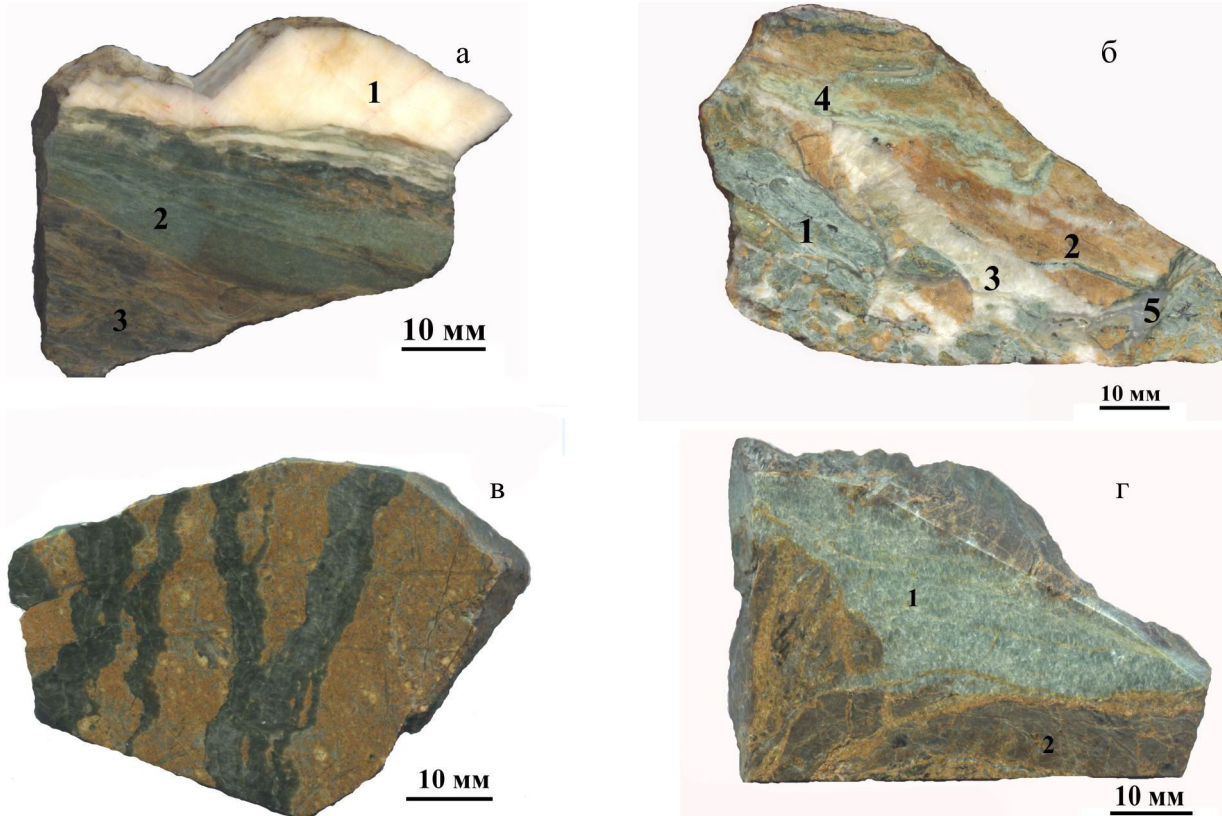


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Кировского месторождения золота (по М.Б. Бородавской и А.С. Жуковой, 1942 г.).

1 – метаморфизованные осадочные породы, 2 – серпентиниты, 3 – рассланцованные, брекчированные и хлоритизированные серпентиниты, 4 – амфиболовые, биотитовые и хлоритовые породы, 5 – тальковые и тальк-карбонатные породы, 6 – актинолитовые породы, 7 – золотоносные зоны (“жилы”), выходящие на поверхность, 8 – разрывное нарушение – сместитель “Вертикалка”.



**Рис. 2.** Текстурные особенности руд.

а – зональный метасоматит, сложенный доломитом (1) и тальк-антигоритовым агрегатом (2) в оталькованном и карбонатизированном серпентините (3); б – брекчиевидная текстура с обломками оталькованного (1) и карбонатизированного (2) антигоритового серпентинита, сцементированными доломитом (3), антигоритом (4) и халцедона (5); в – прожилки поперечно-волокнистого антигорита в оталькованном и карбонатизированном антигоритовом серпентините; г – прожилково-брекчиевидная текстура руды с обломками оталькованного и карбонатизированного серпентинита (2), сцементированными крупными лейст антигорита (1).

породы [6]. Оталькованные породы развиты по антигоритовым серпентинитам, которые замещаются тальком и карбонатом (ранний тальк-карбонатный парагенезис). Карбонат (магнезит, бреннерит) как рассеян в массе метасоматита, так и образует в нем тонкие прожилки. Тальк-карбонатные породы локально в рудных зонах деформированы и рассечены сетью преимущественно мономинеральных прожилков крупнопластинчатого антигорита, талька, доломита (поздний антигорит-тальк-карбонатный парагенезис) мощностью до 5 см, волосовидных прожилков кварца (возможно, халцедона) (рис. 2). С этими прожилками, а также расланцованными участками тальк-карбонатных пород связана основная масса частиц золота, представленного золотосеребряными фазами высокой пробы (более 900). Другие рудные минералы представлены сульфидами и сульфоарсенидами Cu, Fe, Ni, Co, а также арсенидами Ir (ирарсит) и Pt (платарсит), присутствующими в породах в следовых количествах.

Объектом данного исследования служили газо-жидкие включения в брейнерите раннего тальк-

карбонатного и доломите позднего антигорит-тальк-карбонатного парагенезисов. В обоих случаях включения представлены как первичными, рассеянными в карбонате, так и вторичными, скопления которых траассируют секущие микротрещины зернистой карбонатной массы. Первичные включения имеют размеры 8–30 мкм и представляют собой двухфазные вакуоли, содержащие водный раствор и газовую фазу (объем газовой фазы 10–30% объема вакуоли). Морфология включений разнообразна, но преобладают овальные изометричные или удлиненные, а также в виде ромбоэдрических отрицательных кристаллов (рис. 3). Вторичные включения размером менее 5 мкм, траассирующие залеченные микротрещины в карбонате, жидкие однофазные.

Термокриометрическим исследованием установлены температурные точки фазовых переходов в первичных включениях (табл. 1). При нагревании включения в брейнерите гомогенизируются в жидкую фазу при 190–233°C, а в доломите при более высоких температурах – 201–286°C. При охлаж-

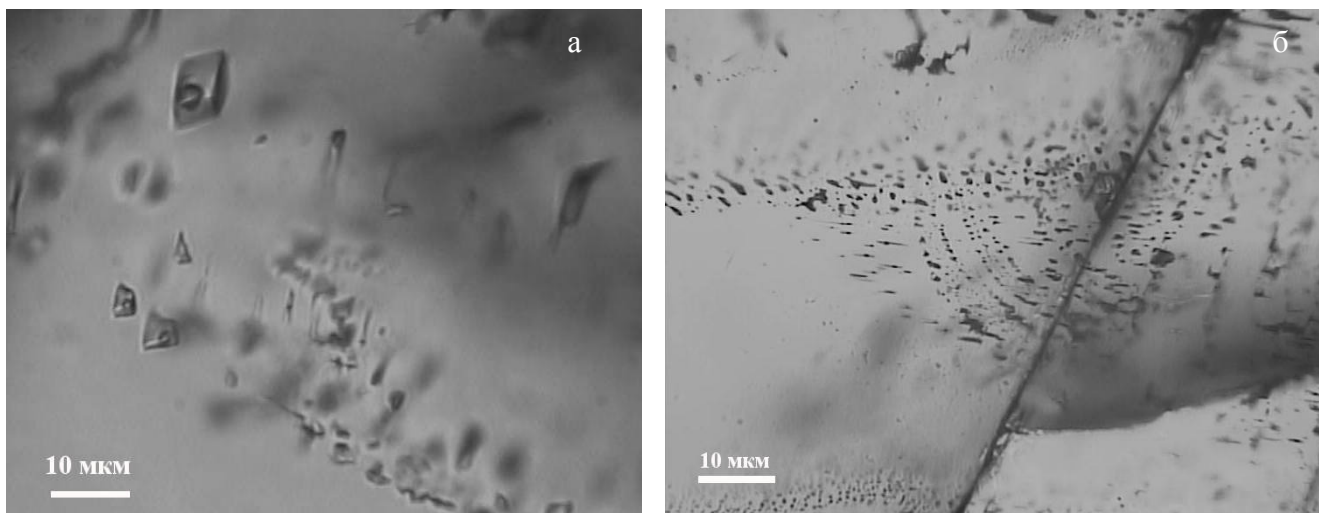


Рис. 3. Морфология первичных (а) и вторичных (б) включений в карбонате.

Таблица 1. Результаты термокриометрического изучения газово-жидких включений в карбонатах Кировского золоторудного месторождения

Номер обр.	Минерал	Характеристики (кол-во изученных включений)				Тип водно-солевой системы
		$T_{гом}$	$T_{эвт}$	$T_{пл}$	C	
1336	Брейнерит	190–233 (11)	–20.2...–22.1(5)	–1.5...–3.2(9)	2.6–2.9	NaCl, NaCl-NaHCO <sub>3</sub>
1753	Доломит	201–272 (43)	–21.1...–24.6 (26)	–1.6...–3.2 (27)	2.7–5.3	NaCl, NaCl (MgCl <sub>2</sub> )
1326	– " –	207–286 (20)	–21.4...–26.2 (16)	–1.4...–2.5 (19)	2.4–4.2	– " –
1321	– " –	204–274 (16)	–24.3...–26.7 (12)	–1.3...–2.8 (12)	2.2–4.6	– " –

Примечание. В таблице приведены вариации температур гомогенизации ( $T_{гом}$ ), эвтектики ( $T_{эвт}$ ), плавления льда ( $T_{пл}$ ) (°C), а также концентрации солей (C) в пересчете на мас. % экв. NaCl. Образцы: 1336 – брейнерит из тальк-карбонатного метасоматита, 1753 – прожилок доломита с тальком в зальбандах, 1326 и 1321 – доломит из цемента брекчированного серпентинита. Измерение температур фазовых переходов во включениях осуществлялось на термокриосталике THMSG-600 (Linkam, Англия), в температурном диапазоне –196...600 °C. Солевой состав растворов определялся по температурам эвтектик [2]. Концентрация солей во включениях оценивалась по температурам плавления льда для солевой системы NaCl–H<sub>2</sub>O [7].

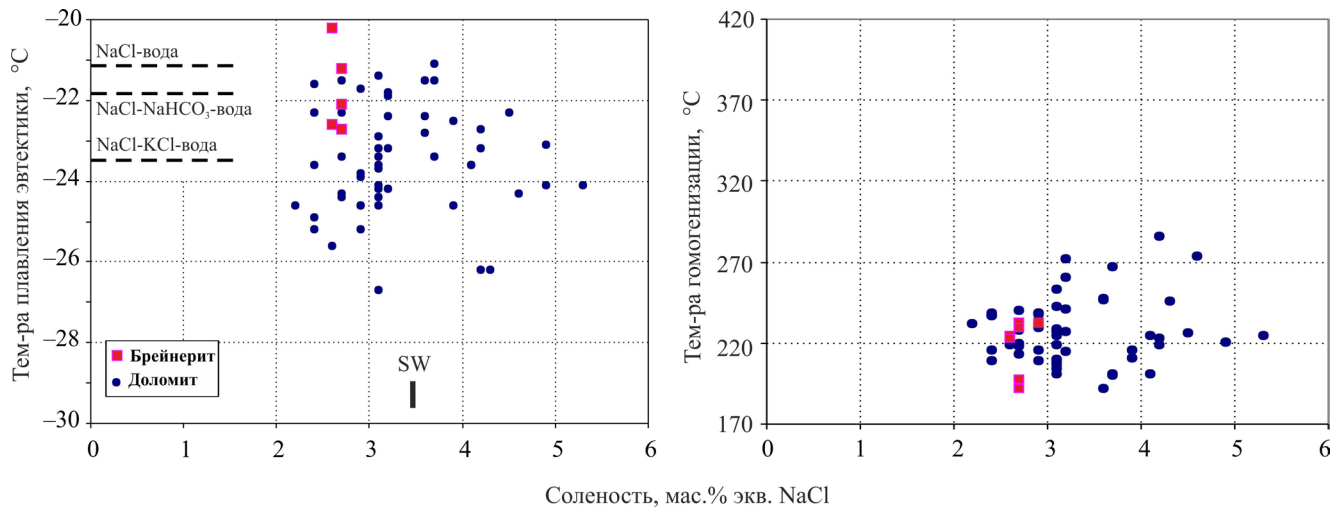
дении включений признаки присутствия в газовой фазе углекислоты или других высококипящих газов не зафиксированы, и эта фаза представлена, по видимому, водным паром. Установлены также точки температур эвтектики (начала плавления замороженных включений) в брейнерите в диапазоне от –20.2 до –22.1°C и доломите от –21.1 до –26.7°C, а также температур плавления льда (плавления последней льдинки) в одинаковом для включений из брейнерита и доломита диапазоне от –1.3 до –3.2°C.

Полученные значения температур фазовых переходов позволяют установить тип водно-солевой системы гидротермального флюида, а также общую концентрацию во флюиде солей. При отложении брейнерита раннего парагенезиса состав флюида соответствует хлоридно-натриевой или хлоридно-натриево-гидрокарбонатной солевой системе с очень низким содержанием солей 2.6–2.9 мас. % экв. NaCl (рис. 4). Более низкие значения температур эвтектики включений из доломита по отношению к включениям в брейнерите свидетельствуют об усложнении солевой системы, вероятно, за счет примеси MgCl<sub>2</sub> ( $T_{эвт} = -35°C$ ). Содержание со-

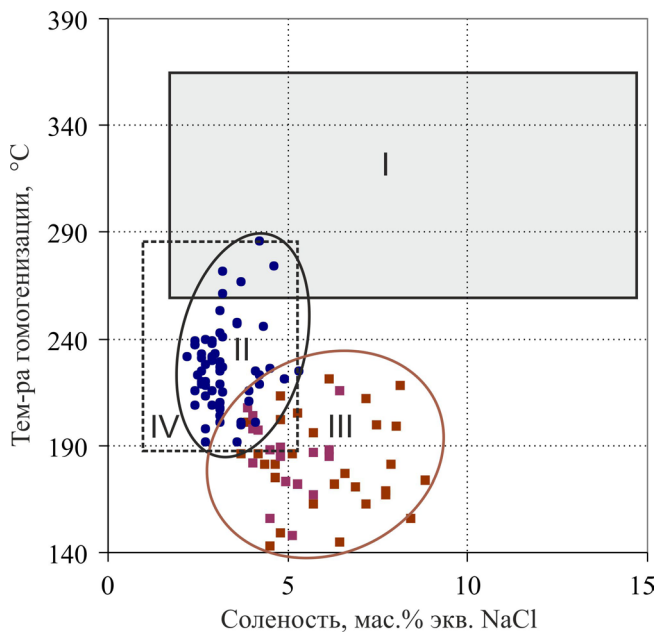
лей во флюиде при отложении доломита повышается до 5.3 мас. % экв. NaCl, однако остается достаточно низким, лишь немного превышающим соленость морской воды (3.5 мас. % экв. NaCl).

Сопоставление газово-жидких включений в минералах золотосных апогипербазитовых углекислотных метасоматитов изученного месторождения, магматогенно-гидротермальных кварцевых жил в листвениках Березовского месторождения, а также метаморфогенно-гидротермальных магнетит-хлорит-карбонатных пород Карабашского массива выявило существенные различия их термокриометрических характеристик. При одинаковом во всех случаях хлоридно-натриевом составе включения из кварца Березовского месторождения характеризуются наиболее высокими значениями температуры гомогенизации и концентрации солей – соответственно 255–365°C и 2.0–14.9 мас. % экв. NaCl [3] (рис. 5). Резкие различия рассматриваемых образований устанавливаются и по степени углекислотности включений минералообразующей среды. Если в Кировском месторождении включения характеризуются низкой углекислотностью –





**Рис. 4.** Термокриометрические характеристики включений минералообразующей среды в различных минералах тальк-карбонатных метасоматитов – брейнерите раннего тальк-карбонатного парагенезиса и доломите позднего антигорит-тальк-карбонатного парагенезиса Кировского месторождения.



**Рис. 5.** Термокриометрические характеристики газожидких включений углекислотных метасоматитов из различных месторождений.

Поля: I – листвениты и кварцевые жилы Березовского золоторудного месторождения по [3], II – тальк-карбонатные породы Кировского месторождения, III – золотоносные магнетит-хлорит-карбонатные метасоматиты Карабашского массива и IV – тальк-карбонатные метасоматиты на месторождении хризотил-асбеста Slade-Forbes [9].

менее 0.85 мол. %, судя по отсутствию газгидрата при их замораживании [8], то в кварцевых жилах Березовского месторождения растворы были высокоуглекислотными и отложение руд имело место из

двухфазного флюида, состоящего из жидкой углекислоты и газовой  $\text{CO}_2$  [3]. Наконец, обнаруживается наибольшее сходство термокриометрических параметров ГЖВ из тальк-карбонатных пород Кировского месторождения и некоторых месторождений хризотил- и амфибол-асбеста архейского зеленосланцевого пояса Абитити (Онтарио) [8] (см. рис. 5), однако присутствующие в этом поясе золотоносные листвениты также сформированы флюидами с более высокой степенью углекислотности (содержание  $\text{CO}_2$  во включениях 2–7 мол. %) и признаками водно-углекислотной фазовой сепарации.

Таким образом, отсутствие в Кировском месторождении отчетливо выраженных лиственитов и кварцевых жил, практически полное отсутствие сульфидов, низкая степень углекислотности газожидких включений и солёности, близкой к уровню солёности морской воды, свидетельствуют не в пользу магматогенно-гидротермального происхождения изученных золотоносных метасоматитов.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-05-00734а.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бакшеев И. А., Савина Д. Н.* Минералогия и условия формирования тальк-карбонатных метасоматитов пропиловитовой, гумбейтовской и березит-лиственитовой формаций Среднего Урала // *Минералогия Урала: мат-лы 3-го регион. совещ.* Т. 1. Миасс, 1998. С. 24–27.
2. *Борисенко А.С.* Изучение солевого состава газожидких включений в минералах методом криометрии // *Геология и геофизика.* 1997. № 8. С. 16–27.
3. *Бортников Н.С.* Геохимия и происхождение рудо-

- образующих флюидов в гидротермально-магматических системах в тектонически активных зонах // Геология руд. месторождений. 2006. Т. 48, № 1. С. 3–28.
4. *Сазонов В.Н., Коротеев В.А.* Основные золотопродуктивные и сопутствующие метасоматические формации Урала (геологическая позиция, зональность, минералогическая, химическая и текстурно-структурная трансформация эдуктов и прогностическое значение). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2009. 161 с.
  5. *Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Поленов Ю.А.* Метасоматиты золоторудных и тальковых месторождений Урала, локализующихся в ультрабазахитах, их теоретическая и практическая значимость // Ежегодник-2008. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 156. 2009. С. 109–111.
  6. *Сазонов В.Н., Огородников В.Н., Коротеев В.А., Поленов Ю.А.* Месторождения золота Урала. Екатеринбург: УГГГА, 2001. 622 с.
  7. *Bodnar R. J., Vityk M. O.* Interpretation of microthermometric data for H<sub>2</sub>O-NaCl fluid inclusions // Fluid inclusions in minerals: methods and applications. Edited by: Benedetto De Vivo and Maria Luce Frezzotti. Pontignano-Siena, 1994. P. 117–130.
  8. *hedenquist J.W., Henley R.W.* The importance of CO<sub>2</sub> on freezing point measurements of fluid inclusions: evidence from active geothermal systems and implications for epithermal ore deposition // Econ. Geol. 1985. Vol. 80. P. 1379–1406.
  9. *Schandl E. S., Naldrett A. J.* CO<sub>2</sub> metasomatism of serpentinites, south of Timmins, Ontario // Can. Mineralog. 1992. V. 30. P. 93–108.