

*Д. А. Артемьев, С. А. Садыков, Н. Н. Анкушева*  
*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс*  
*Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миассе*  
*artemyev@mineralogy.ru*

### **Условия формирования и источники вещества гидротермальных карбонатов в скарнах и обрамлении Круглогорской синформы (Южный Урал)**

**Введение.** Круглогорская синформа залегает в серпентинитовом меланже Главного Уральского разлома, с одной стороны ограничиваясь Таловско-Кемпирсайским, а с другой – Узынкырским поясами ультрабазитов [Жилин и др., 1974ф]. Эта структура выполнена круглогорской вулканогенно-осадочной толщей, отнесенной к отложениям карамалыташской свиты [Артюшкова, 2009]. С запада и востока зона Главного Уральского разлома ограничена карбонатными и вулканогенно-осадочными отложениями карбона, относимыми к зилаирской и березовской свитам. В пределах синформы локализовано Круглогорское золото-железорудное месторождение, а на ее южном продолжении – золоторудные залежи Мечниковской и Архангельской площадей [Жилин и др., 1974ф].

Среди рудоносных зон этих месторождений определяющее значение имеют карбонатные толщи и карбонатсодержащие породы различного генезиса. Наиболее значительно представлены мраморизованные раннедевонские известняки среди вулканитов круглогорской толщи. Карбонатные прожилки и гнезда выделены в магнетитовых и сульфидно-магнетитовых рудах, локализованных в скарнах Кругло-

горского месторождения. Также известняки карбонового возраста известны на западной и восточной частях круглогорской синформы, где вдоль их контактов с серпентинитами развиты многочисленные золоторудные месторождения, связанные с карбонатсодержащими лиственитами и тальк-карбонатными породами.

**Целью работы** явилось установление условий и источников вещества карбонатов при формировании карбонатсодержащих пород в рудовмещающих комплексах круглогорской синформы и ее периферии. Объектами исследования явились карбонатные породы различного генезиса Круглогорского рудного поля в центральной части синформы, связанные со скарнами, и Архангельского золоторудной площади на ее юго-западном продолжении.

**Методы исследований.** Изотопный состав углерода исследовался на масс-спектрометре Delta<sup>plus</sup> Advantage. При измерении изотопных отношений использовались стандарты МАГАТЭ NBS-19 и NBS-18. Среднеквадратичное отклонение измерений внутреннего стандарта равно 0.55 ‰, PDB. Для исследований использовался элементный анализатор EA Flash1112, метод – online.

Флюидные включения изучались стандартными методами криометрии и термометрии [Борисенко, 1977; Реддер, 1987]. Микротермометрические исследования проводились в микрокриотермокамере THMSG-600 LINKAM, на микроскопе OLYMPUS с объективом 50<sup>x</sup> (миасский филиал ЮУрГУ). Управляющее программное обеспечение LinkSys V-2.39. Точность измерений  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Концентрации солей в растворе оценивались по температуре плавления льда в пересчете на систему H<sub>2</sub>O-NaCl по данным [Bodnar, Vityk, 1994]. Фазовый состав солевых систем определялся по данным [Борисенко, 1977]. Температуры гомогенизации включений приняты за минимальные температуры процесса минералообразования [Реддер, 1987].

**Характеристика проб.** На Круглогорском рудном поле были отобраны осадочные, гидротермальные и метасоматические карбонаты из рудовмещающих зон. Осадочные карбонаты представлены микрозернистым белым кальцитом в прослоях и гнездах мощностью до 2–3 см в базальтах круглогорской толщи (обр. 51/105) и микрокристаллическим рыхлым кальцитом из обломков размером до 5–7 см в андезибазальтовых лавокластитах круглогорской толщи (обр. Кр-5). Карбонаты метасоматического генезиса представлены мраморовидными породами из глубинных скарновых зон месторождения (обр. 21/648а, б). В них выделяется два типа кальцита: участки, представленные таблитчато-удлиненными кристаллами размером от 0.4 до 2 мм с флюидными включениями и участки, сложенные темным слабопрозрачным кальцитом изометричной формы с размером зерен от 0.02 до 0.2 мм (рис. 1а, см. вкладку, с. 163). Карбонаты гидротермального генезиса представлены гнездами и прожилками белого кальцита мощностью до 7–8 мм в магнетитовых и сульфидно-магнетитовых рудах Круглогорского месторождения (обр. 113/19, С113/45) (рис. 1б).

На периферии круглогорской синформы были отобраны карбонаты на золоторудных месторождениях Мурашкина гора и Телегинское из гидротермально-метасоматических тальк-карбонатных пород и лиственитов по серпентинитам. Образцы МГ-11 (Телегинское) и МГ-103 (Мурашкина гора) представлены желтоватым анкеритом с размером зерен до 0.3–0.5 мм в зеленом пятнистом листвените. Образцы МГ-10 и МГ-43 из тальк-карбонатных пород вышеупомянутых месторождений представлены скрытокристаллическим магнетитом с размером зерен до 0.1 мм.

**Результаты исследований.** Полученные данные изотопных отношений углерода из осадочных, гидротермальных и метасоматических пород Круглогорского рудного поля показывают значения от –2.9 до +1.1  $\delta^{13}\text{C}$  ‰, VPDB (табл.), что соот-

**Изотопный состав углерода из карбонатных и карбонатсодержащих пород  
круглогорской синформы**

№ п/п	Образец	$\delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$ , VPDB	Тип карбонатов
1	C113/45	+0.1	Кальцит белый из гнезд в магнетитовых рудах
2	51/105	-2.9	Кальцит белый из известняка в прослоях среди базальтовых лавокластитов
3	Кр-5	+1.3	Кальцит серый из обломков известняков в базальте
4	21/648-1	+0.6	Кальцит белый из мраморов в скарновой зоне
5	21/648-2	+1.1	Кальцит белый из мраморов в скарновой зоне
6	МГ-10	-8.0	Магнезит с тальком из тальк-карбонатного метасоматита
7	МГ-11	-5.9	Анкерит серовато-желтый из лиственита
8	МГ-103	-6.2	Анкерит серовато-желтый из лиственита

ветствует значениям карбонатов, формировавшихся из морской воды (разброс  $-2.5 \dots +2.5 \delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$ , VPDB) [Фор, 1989]. Значения отношений изотопов углерода гидротермальных и метасоматических карбонатов в рудах и рудовмещающих зонах также укладываются в этот интервал, что указывает на их перекристаллизацию и переотложение из первично-осадочных карбонатов рудного поля без значительного привноса магматической компоненты.

Температуры гомогенизации флюидных включений в кальците из гнезд в магнетитовых и сульфидно-магнетитовых рудах, который имеет признаки совместного роста с магнетитом (C113/19а, б), составляют  $153\text{--}192 \text{ }^\circ\text{C}$  (43 опр.), в гидротермальном кальците из мраморизованных известняков (21/648а, б) –  $202\text{--}241 \text{ }^\circ\text{C}$  (35 опр.) (рис. 2). Соленость флюида составила  $3.3\text{--}6.5 \text{ мас. } \%$  NaCl-экв. Наблюдается прямая зависимость между температурами гомогенизации и соленостью растворов. Среди растворенных солей во флюидных включениях гидротермальных кальцитов преобладающими оказываются гидрокарбонаты, карбонаты и сульфаты Na, наряду с NaCl, что указывает на растворение гидротермальными растворами сульфидов и первично-осадочных карбонатов при мраморизации и отложении кальцита. С увеличением глубины растет температура и соленость растворов, приводивших к отложению кальцита.

В отличие от центральной части синформы со скарновыми зонами, на периферии в гидротермально-метасоматических золоторудных месторождениях, изотопный состав углерода гидротермальных карбонатов колеблется от  $-5.9$  до  $-8.0 \delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$ , VPDB. Это характерно для гидротермального флюида с преобладанием магматической составляющей (около  $-7 \delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$ , VPDB) [Фор, 1989] и указывает на формирование карбонатов в этих метасоматитах при участии гидротермального флюида магматического происхождения.

**Закключение.** Мрамора, широко развитые в скарновой зоне Круглогорского месторождения, имеют в своей структуре помимо метасоматического компонента (полиэдры перекристаллизации), также гидротермальный (удлиненные таблитчатые кристаллы), и формировались при частичном переотложении и перекристаллизации ранне-среднедевонских известняков.

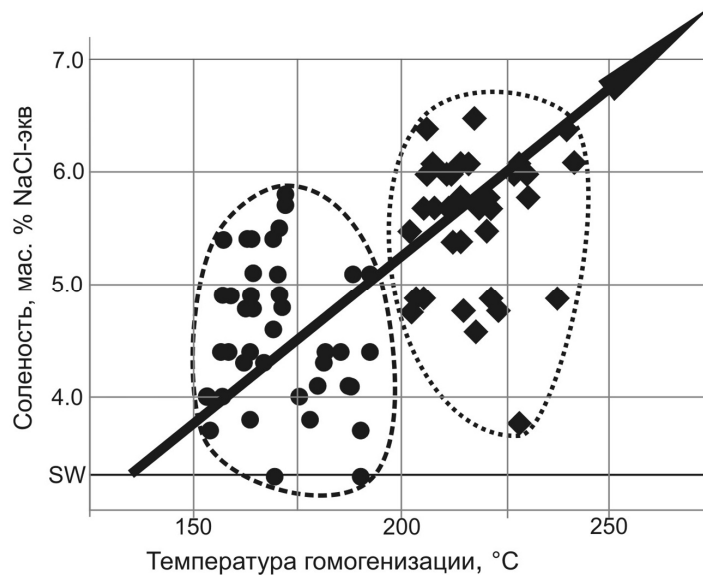


Рис. 2. Соотношение температур гомогенизации ( $T_{\text{гом}}$ , °C) флюидных включений и концентраций солей в растворах ( $C$ , мас. % NaCl-экв.) в гидротермальном кальците из рудных зон Круглогорского месторождения.

● – обр. 113/19а, б, ◆ – обр. 21/648а, б.

Формирование гидротермальных карбонатов в рудно-магматической системе Круглогорского месторождения связано с растворением и переотложением карбонатного вещества морского генезиса, широко развитого на рудном поле. Этим они отличаются от золоторудных гидротермальных систем на периферии круглогорской синформы с месторождениями березит-лиственитовой формации, где отлагающиеся карбонаты в метасоматических породах связаны с магматической составляющей гидротермального флюида.

Температуры отложения гидротермальных карбонатов в скарновой зоне Круглогорского месторождения прямо коррелируют с глубиной отложения и соленостью растворов, что говорит об остывании флюида ближе к поверхности и смешении его с морской водой.

*Авторы благодарят за помощь и ценные советы профессора В. В. Зайкова. Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ 12-05-31483 мол\_а и гранта для молодых ученых УрО РАН.*

### Литература

*Артюшкова О. В.* Биостратиграфия по конодонтам вулканогенно-осадочных отложений девона Магнитогорской мегазоны Южного Урала // Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Новосибирск, 2009. 41 с.

*Борисенко А. С.* Изучение солевого состава растворов газово-жидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. 1977. № 8. С. 16–28.

*Жилин И. В., Плохих Н. А., Яковенко Л. И., Мурдиг З. М.* Составление прогнозной карты на железные руды масштаба 1:50 000 по северной части Круглогорской железорудной зоны. Челябинск, 1974ф.

- Реддер Э.* Флюидные включения в минералах: в 2-х т. Т. 1. Пер. с англ. М.: Мир, 1987. 560 с.
- Фор Г.* Основы изотопной геологии. М.: Мир, 1989. 590 с.
- 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. Pontignana-Siena, 1994. P. 117–130.