ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ УГЛЕРОДА И КИСЛОРОДА КАРБОНАТНЫХ ПОРОД КОЧКАРСКОГО МЕТАМОРФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Храмов А.А.[1]***, Кисин А.Ю.***[1]***, Андреичев В.Л.***[2]

[1]– Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург,
hramov@igg.uran.ru, kissin@igg.uran.ru
[2]– Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

В составе почти всех мобильных поясов имеются высокометаморфизованные комплексы, часто называемые «гранито-гнейсовыми» или «гнейсово-мигматитовыми». Для Урала – это Мурзинско-Адуйский, Сысертско-Ильменогорский, Кочкарский, Джабык-Карагайский и Суундукский. На взгляд автора наиболее полная картина геологического строения данных образований Урала приведена в работах [Кейльман,1974; Кисин, 2009].

Г.А. Кейльманом в строении гнейсово-мигматитовых комплексов выделены два структурных этажа. Нижний структурный этаж представлен глубоко и равномерно метаморфизованными породами. Породы этого структурного этажа слагают гнейсовые ядра крупных антиклинальных структур (куполовидных структур). Верхний структурный этаж представлен «позднепротерозойскими или фанерозойскими геосинклинальными сериями», испытавшими метаморфизм высоких ступеней только в «относительно узких зонах», обрамляющих эти ядра. Контакты сланцевой толщи с гранито-гнейсовыми массивами тектонические. При этом фация метаморфизма в куполовидных структурах предшественниками определена как амфиболитовая, а в обрамлении эпидот-амфиболитовая [Кейльман, 1974].

В Кочкарском антиклинории карбонатные породы представлены различными мраморами и мраморизованными известняками. Первые располагаются вблизи гранито-гнейсовых куполовидных структур и в межкупольных синклинальных структурах; вторые распространены исключительно по границам метаморфического комплекса, на максимальном удалении от гранито-гнейсовых массивов. От гранито-гнейсовых массивов известняки везде отделены мраморной толщей.

Модель блочной складчатости, предложенная А.Ю. Кисиным [Кисин, 2009], которой придерживается и автор, описывает процесс становления изучаемых метаморфических комплексов. Также ученым описаны встречающиеся разности мрамора (терминология источника сохранена). Предполагается, что на прогрессивном этапе метаморфизма природа флюидов имела коровый характер, а флюиды нижней коры и верхней мантии могли принимать участие в преобразовании пород комплекса на этапе заложения краевых надвигов, ограничивающих комплекс, и на регрессивном этапе метаморфизма.

Изотопные методы изучения вещества позволяют решать многие задачи в геологии, в том числе и в вопросах определения природы минералообразующих флюидов. Цель работы – оценить роль различных источников флюидов задействованных при формировании карбонатных пород Кочкарского метаморфического комплекса. Металлогеническая специализация данного комплекса на благороднометальное и камнесамоцветное оруденение определяет актуальность настоящей работы. Следует отметить, что такие исследования нами проведены впервые. Материал для изучения взят из коллекции Института геологии и геохимии им. Заварицкого УрО РАН. Представленная выборка анализов отобрана из образцов каменного материала с Андрее-Юльевской, Кучинской площади, Еленинской россыпи, Светлинского и Потемкинского карьеров (табл. 1). Пробы отбирались навеской приблизительно в 2 г карбонатного вещества. Анализы выполнены в лаборатории изотопной геологии ИГ Коми НЦ УрО РАН. Разложение карбонатов в ортофосфорной кислоте и измерение изотопного состава углерода и кислорода в режиме непрерывного потока гелия производились на аналитическом комплексе фирмы ThermoFisher Scientific (Бремен, Германия), включающем в себя систему подготовки и ввода проб GasBench II, соединенную с масс-спектрометром DELTA V Advantage. Значения $\delta^{13}C$ даны в промилле относительно стандарта PDB, $\delta^{18}O$ – стандарта SMOW. При калибровке использованы международные стандарты NBS 18 и NBS 19. Ошибка определения $\delta^{13}C$ и $\delta^{18}O$ составляет ±0.1‰ (1σ).

Таблица 1

Сводная таблица результатов изотопного анализа углерода и кислорода

№ п/п	Проба	$\delta^{13}C_{PDB}$, ‰	$\delta^{18}O_{SMOW}$, ‰	Примечание
1	АЮ-1	2.30	24.20	Mg-кальцитовый мрамор с паргаситом
2	АЮ-2	1.30	25.60	Поздний кальцитовый прожилок
3	АЮ-3	-2.00	23.50	Mg-кальцитовый мрамор
4	АЮ-4	3.30	24.00	Поздний кальцитовый прожилок
5	АЮ-5	-3.60	23.50	Дометаморфический магнезиальный метасоматит
6	АЮ-6	0.50	20.10	Мрамор, южная часть Андреевского месторождения золота
7	КЧ-1	3.60	28.60	Кальцитовый мрамор
8	КЧ-2	3.50	19.50	Mg-кальцитовый крупнозернистый мрамор, 2 см от гранитного прожилка
9	КЧ-3	3.50	18.30	Mg-кальцитовый к/з мрамор, 5 см от гранитного прожилка
10	СВ-1	2.10	22.30	Золотоносная метасоматическая порода с биотитом
11	СВ-2	2.90	25.80	Mg-кальцитовый мрамор
12	СВ-3	-2.30	20.00	Мрамор катаклазированный
13	ПК-1	3.80	27.90	Мрамор кальцитовый
14	ПК-2	-0.80	25.80	Мраморизованный известняк
15	ПК-3	0.30	27.40	Мраморизованный известняк, окварцевание
16	ЕЛ-1	3.60	24.70	Мрамор перекристаллизованный, гигантозернистый
17	ЕЛ-2	3.00	25.20	Известняк черный
18	ЕЛ-3	-1.50	20.70	Известняк черный
19	ЕЛ-4	-3.10	20.00	Мрамор серый

Примечание: Автор анализа И.В. Смолева. Сокращения: АЮ – Андрее-Юльевская площадь; КЧ – Кучинская площадь; СВ – Светлинская площадь; ПК – Потемкинский карьер; ЕЛ – Еленинская площадь.

В целом, поле значений результатов анализов представленной выборки проб лежит в следующем диапазоне значений: $\delta^{13}C$ имеет значения от -3.6 до +3.8 ‰, среднее – +1.074‰; $\delta^{18}O$ имеет значения от +18.3 до +28.6 ‰, среднее – +23.53‰ (рис. 1).

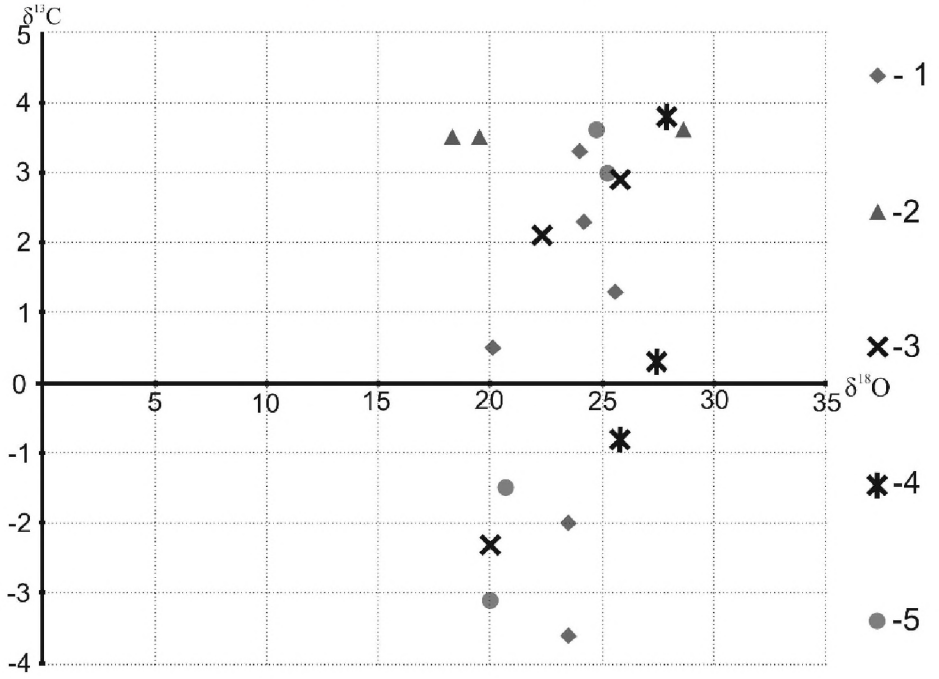

Рисунок 1 – Результаты изотопного анализа углерода и кислорода: 1 – Андрее-Юльевская; 2 – Кучинская; 3 – Светлинская площадь; 4 – Потемкнский карьер; 5 – Еленинская россыпь

Наиболее близкие к исходным породам являются образцы мраморизованного известняка (пробы №№14 и 15). Изотопные соотношения углерода и кислорода их равны -0.8, +25.8‰ (пр. №14) и +0.3, +27.4 ‰ (пр. № 15) соответственно. Результаты анализов образцов Потемкинского мраморного карьера имеют следующие значения. $\delta^{13}C$ имеет значения от +0.3 до +3.8 ‰, среднее – +1.1‰. $\delta^{18}O$ имеет значения от +25.8 до +27.9‰, среднее – +27.03‰.

Примечательно, что изотопные соотношения углерода для образцов Кучинской площади лежат в узком коридоре значений от +3.5 до 3.6‰, в то время как для кислорода показывают крайние значения анализов по всему Кочкарскому метаморфическому комплексу. Для проб крупнозернистого магнезиально-кальцитового мрамора отобранных в 2 и 5 см от гранитной дайки изотопные соотношения кислорода составили +19.5 и +18.3‰ соответственно. А для магнезиально-кальцитового мрамора соотношение имеет значение +28.6‰.

Результаты анализов образцов Светлинского месторождения золота имеют следующие значения. $\delta^{13}C$ имеет значения от -2.3 до +2.9‰, среднее – +0.9‰. $\delta^{18}O$ от +20.0 до +25.8‰, среднее – +27.03‰.Результаты анализов образцов Андрее-Юльевской площади имеют следующие значения. $\delta^{13}C$ имеет значения от -3.6 до +3.3 ‰, среднее – +0.3‰. $\delta^{18}O$ имеет значения от +20.1 до +25.6 ‰, среднее – +23.48‰. Особо следует отметить значение углеродного соотношения образца дометаморфического магнезиального метасоматита (пр. № 5) равного – 3.6 ‰, что может указывать на роль глубинного источника минералообразующих флюидов при формировании данной породы. Близкие значения углеродного соотношения имеют образцы катаклазированного мрамора Светлинского месторождения золота и магнезиально-кальцитового мрамора Еленинской россыпи. Обращает на себя внимание широкий диапазон значений изотопного состава углерода образцов Еленинской россыпи и Андрее-Юльевского участка, при том, что образцы Еленинской россыпи четко разделились на две группы (аналогичная ситуация с пробами Светлинского месторождения). Возможно, это обусловлено малым количеством проб, но это также может и указывать на разнородность флюидов.

Таким образом, полученные результаты позволяют предполагать, что минералообразующие флюиды, задействованные при метасоматозе карбонатных пород Кочкарского метаморфического комплекса, имеют гетерогенную природу. Субстратом для мраморов послужили визейские известняки, а их преобразование происходило при участии как коровых, так их глубинных флюидов, что и отражает изотопный состав кислорода и углерода пород. Для дальнейшего изучения данного вопроса планируется выделение разновозрастных генераций карбонатов из мраморов с последующим их детальным анализом.

Работа выполнена при финансовой поддержке УрО РАН (Проекты 12-И-5-2068, 12-П-5-2015 и ОФИ 12-5-029-СГ).

Литература

1. *Галимов Э.М.* Геохимия стабильных изотопов углерода. М.: «Недра», 1968. 226с.
2. *Скляров Е.В. и др.* Интерпретация геохимических данных. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
3. Карбонаты: Минералогия и химия. Пер. с англ. / ред. Ридер Р. Дж. М.: Мир, 1987. 496 с.
4. *Кейльман Г.А.* Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: «Недра», 1974. 198 с.
5. *Кисин А.Ю.* Закономерности размещения и прогноз месторождений полезных ископаемых на основе модели блоковой складчатости: Диссертация докт. геол.-мин. наук. Пермь, 2009. – 454 с.
6. *Салье М.Е, Виноградов Д.П., Гаврилова Л.М.* Фракционирование изотопов кислорода в минералах полиметаморфических комплексов докембрия. Л.: «Наука», 1983. 157 с.
7. *Г. Фор.* Основы изотопной геологии. Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 590 с.