

ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ

УДК 552.5:550.4

**ХИМИЧЕСКИЙ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВЫ МЕТАКАРБОНАТНЫХ ПОРОД
В УСЛОВИЯХ РЕГИОНАЛЬНОГО МЕТАМОРФИЗМА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ
ПО КЛАССИФИКАЦИИ**

О.М. Розен, Д. Феттес*, Ж. Десмон**

Геологический институт РАН, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, Россия

** British Geological Survey, Murchison House, West Mains Road, Edinburgh EH9 3LA, Great Britain*

*** rue de Houdemont, 3, F-54500, Vandoeuvre-les-Nancy, France*

Представлены и проинтерпретированы данные по химическому и минеральному составу метаморфических карбонатных пород от зеленосланцевой до гранулитовой фаций в возрастном интервале архей—ранний палеозой. Обнаружен непрерывный ряд от чисто карбонатных до почти бескарбонатных пород, осадочный протолит которых был обогащен кальцием. Выявлены определенные группы метакарбонатных пород (петротипы), разделенные статистически-значимыми границами. Эти границы предложены в качестве основы для составления схемы номенклатуры метакарбонатных пород для включения в общую классификацию, подготавливаемую Подкомиссией по систематике метаморфических пород в составе Комиссии по систематике в петрологии Международного союза геологических наук (SCMR CSP IUGS).

Карбонатные породы, метаморфизм, систематика метаморфических пород.

**CHEMICAL AND MINERAL COMPOSITIONS OF METACARBONATE ROCKS UNDER
REGIONAL METAMORPHISM CONDITIONS AND GUIDELINES ON ROCK CLASSIFICATION**

O.M. Rosen, D. Fettes, and J. Desmons

Analysis is given to data on the chemical and mineral compositions of Archean—Early Paleozoic metamorphic carbonate rocks of greenschist to granulite facies. A continuous series of pure carbonate to nearly carbonate-free rocks derived from calcium-enriched sedimentary protolith has been revealed. Several groups of metacarbonate rocks (petrotypes) with statistically significant boundaries between them have been recognized. The boundaries are used as a basis for a systematic scheme of metacarbonate rock nomenclature proposed by the Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks (SCMR), a branch of the Commission on Systematics in Petrology (CSP) of the International Union of Geological Sciences (IUGS).

Carbonate rocks, metamorphism, systematics of metamorphic rocks

ВВЕДЕНИЕ

Среди метаморфических комплексов широко распространены карбонатные, силикатно-карбонатные и карбонатно-силикатные породы [1], обозначенные в данной статье как метакарбонатные породы. Они — продукт регионального и контактового метаморфизма, а также метасоматизма. Наряду с широко распространенными кальцитовыми и доломитовыми разновидностями к таким породам относятся также железистые и высокомагнезиальные карбонатные породы: соответственно сидериты (породы) и магнезиты (породы), обнаруживающие признаки метаморфизма зеленосланцевой [2, 3] и амфиболитовой до гранулитовой фаций [1, 4]. В контактовых зонах метакарбонатные породы участвуют в строении узких, шириной в несколько километров, ореолов роговиков, образующихся вокруг интрузивных тел при сравнительно низких давлениях и относительно высоких температурах [5, 6]. В метасоматических ареалах, представленных большей частью скарнами и занимающих площадь до нескольких квадратных километров, метакарбонатные породы обычно обнаруживают зональность в минеральных парагенезисах: от полиминеральных составов во внешней части, к более простым ассоциациям, вплоть до мономинеральных, во внутренних зонах [7]. Систематика метакарбонатных пород, образовавшихся в условиях контактового метаморфизма и метасоматизма, представляет собой вполне самостоятельный объект и далее не обсуждается.

В данной работе рассматриваются метакарбонатные породы, распространенные в ареалах регионального метаморфизма, где они представлены не менее широко, чем другие хорошо изученные породы,

Таблица 1. Изменение минерального состава карбонатных граувакк при прогрессивном метаморфизме, по [8]

Зона метаморфизма	Минеральные группы и минералы, об. %							Кол-во образцов	Название породы**
	C*	PL*	Pl	CRB*	M*	Bt	QTZ*		
Зеленосланцевая фация									
Анкеритовая	0,0	25,1	25,1	27,1	15,7	0,0	30,8	14	Мусковит-хлорит-карбонатный сланец » Карбонатно-биотитовый сланец
Нижняя биотитовая	0,0	27,7	27,7	21,3	17,9	0,0	30,7	} 21	
Верхняя биотитовая	0,0	27,6	27,6	12,7	23,0	17,7	35,1		
Амфиболитовая фация									
Амфиболовая	5,9	32,4	32,4	6,1	15,9	14,8	37,2	7	Карбонат-амфибол-биотитовый сланец
Цоизитовая	15,2	28,0	15,8	10,6	3,2	3,1	38,6	25	Карбонат-цоизитовая порода
Диопсидовая	17,0	30,8	18,4	11,2	0,3	0,3	38,4	48	Карбонат-цоизит-клинопироксеновая порода

Примечание. Расшифровку обозначений минералов см. в табл. 2.

*Минеральная группа: C = Cpx + Amf; PL = Pl + Zo + Kfs + Scp; CRB = Cc + Ank (анкерит присутствует только в Ank- и Bt-зонах); M = Ms + Chl + Bt; QTZ = кварц.

** Плаггиоклаз и кварц присутствуют во всех типах пород и не включены в название.

Таблица 2. Средний химический и минеральный составы метакарбонатных пород

Компонент	Подразделения пород и их границы по содержанию карбонатных минералов, мас.%							
	Мрамор	Силикатный мрамор			Карбонатно-силикатная порода			Известково-силикатная порода**
	95—100	85—95	70—85	50—70	30—50	15—30	5—15	0—5
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Средний химический состав, мас.%</i>								
SiO ₂	2,66	4,15	9,26	18,93	31,62	42,04	50,89	55,39
TiO ₂	0,08	0,05	0,12	0,22	0,38	0,57	0,46	0,62
Al ₂ O ₃	2,59	1,19	2,01	4,11	6,51	11,35	11,38	13,05
Fe ₂ O ₃	0,24	0,21	0,58	0,78	1,09	0,97	0,92	2,32
FeO	0,14	0,57	0,97	1,54	2,25	4,07	3,83	3,81
MnO	0,01	0,06	0,06	0,06	0,07	0,1	0,08	0,26
MgO	10,84	2,77	4,01	6,11	6,12	6,38	6,57	5,44
CaO	40,50	49,38	44,19	37,3	29,91	19,66	15,82	13,92
Na ₂ O	0,13	0,2	0,24	0,61	0,79	2,14	2,37	2,42
K ₂ O	0,17	0,22	0,46	0,99	1,18	1,69	2,41	1,54
P ₂ O ₅	0,03	0,02	0,04	0,06	0,1	0,12	0,11	0,15
П.п.п.	42,31	40,88	37,34	29,01	19,69	10,74	5,29	1,72
Сумма	99,71	99,74	99,26	99,85	99,7	99,99	100,07	99,97
CO ₂	43,77	39,51	34,71	27,13	18,06	9,44	3,85	0,78
CaCO ₃	78,23	84,61	72,13	53,08	34,87	15,81	6,05	1,15
MgCO ₃	17,96	4,42	5,74	7,27	5,24	4,77	2,29	0,41
ΣCrb	96,20	89,03	77,86	60,35	40,1	20,58	8,33	1,55
n	4	26	24	96	15	33	38	125
n, %	1,11	7,20	6,65	26,59	4,16	9,14	10,53	34,63
N	1	4	4	5	3	6	8	12
<i>Средний модальный минеральный состав, об.%</i>								
C*	0	0	2,4	11,5	8,6	33,8	31,1	28,7
Cpx	0	0	2,4	11,2	3,2	30,5	0—50,0	27,8
Hbl	0	0	0	0—2	5,4	7,1	0—6,9	0—9,3
M*	0	4,1	3,7	3,3	13,2	12,8	1,8	0—3,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Olv	0	0	0—2,8	0—0,9	0,0	0,0	0	0
Bt, Phl	0	4,1	0,6—4,0	0,5—5,2	13,2	0—36,7	0—4,4	0—3,0
PL*	5,0	3,6	4,05	15,9	33,4	30,9	51,9	56,3
Pl	4,0	3,6	0,1—5,0	0—8,1	27,2	0—1,5	0—28,0	25,9
Scp	0	0	0—2,9	11,1	6,2	19,8	0—52	0—29,0
Kfs	1,0	0	0—0,2	0,0	0,0	0,0	0—21,0	0—0,96
QTZ*	0	0	0	0—11,4	0,0	0,0	0—32,6	0—25,5
CRB*	93,1	91,8	89,25	61,1	40,8	14,8	6,4	1,1
Cc	49,0	91,8	76,8	60,4	40,8	0,9	0—12,0	0—3,7
Dl	44,1	0	0—24,8	0—2,3	0,0	0,0	0	0
<i>nm</i>	1	1	13	43	7	16	22	36
<i>N</i>	1	1	2	2	1	3	4	6
Лит. источник	[20]	[15, 18—21]	[18—22]	[15, 18—22]	[18—22]	[11, 12, 16, 18—22]	[8, 11—14, 16, 18—22]	[9—22]

Примечание. Литературный источник и количество использованных анализов: [8] 115; [9] 14; [10] 6; [11] 15; [12, 14] 17; [13] 5; [15] 13; [16] 8; [17] 3; [18—21] 154; [22] 37.

Здесь и по всей статье: Ab — альбит; Amf — амфибол; Bt — биотит; Cc — кальцит; Chl — хлорит; Cpx — клинопироксен; Dl — доломит; Ep — эпидот; Grs — гроссулар; Grt — гранат; Hbl — роговая обманка; Kfs — калиевый полевой шпат; Lc — лейцит; Mgs — магнезит; Ms — мусковит; Olv — оливин; Орх — ортопироксен; Phl — флогопит; Pl — плагиоклаз; Qtz — кварц; Scp — скаполит; Wo — волластонит; Zo — цоизит. *n* — кол-во единичных силикатных анализов, *n*, % — процент от суммы значений *n*, составляющей 361 анализ. Для некоторых регионов опубликованы только средние составы (включены в таблицу как единичные анализы), а общее число проб, охарактеризованных выборкой анализов, составляет 387; *N* — кол-во исследованных регионов; *nm* — кол-во единичных модальных минеральных анализов; ΣCrb — содержания карбонатных минералов как сумма CaCO_3 и MgCO_3 , рассчитанная, исходя из содержания CO_2 в соответствии с отношением CaO/MgO в валовом анализе. Если содержание углекислоты не определялось (около 1/4 всех анализов), то кол-во CO_2 рассчитывалось по потерям при прокаливании в соответствии с уравнением $\text{CO}_2 = 0,81 \cdot \text{П.п.п.}$, мас.%, где значение 0,81 получено из уравнения линейной регрессии с коэффициентом корреляции $r = 0,96$.

* Группы модальных минералов: $\text{C} = \text{Cpx} + \text{Amf}$; $\text{M} = \text{Olv} + \text{Bt} + \text{Phl} + \text{Ms} + \text{Chl}$; $\text{QTZ} = \text{Qtz}$; $\text{CRB} = \text{Cc} + \text{Dol}$; $\text{PL} = \text{Pl} + \text{Scp} + \text{Kfs}$. Последняя группа также иногда включает 0—30 об.% Zo, Ep + Grs в известково-силикатных породах, а также 0—43 об.% лазурита, 0—8,6 об.% нефелина и 0—2,3 об.% содалита в породах с содержаниями карбонатных минералов 0—30 об.%.

** Включая карбонатсодержащие силикатные породы.

например, метабазиты. Хотя по этим метакарбонатным породам опубликовано множество данных, однако до сих пор не предпринято их обобщение, которое можно было бы использовать для разработки классификации. Нами представлены данные по химическому и минеральному составам широкого спектра этих пород (табл. 1, 2), частично рассмотренные ранее [23].

Задача статьи — систематизация петрохимических и количественно-минералогических данных по метакарбонатным породам в регионально-метаморфических комплексах на основе собранной базы данных; выявление статистически-значимых групп и мотивировка предложения по систематике метакарбонатных пород, формирующихся в условиях регионального метаморфизма, что является дальнейшим развитием разработанной ранее классификации метаморфических пород [24].

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И СУЩЕСТВУЮЩАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ

Рассматриваемые породы участвуют в строении разрезов литологически разнообразных отложений, включавших первично-карбонатные осадки, которые варьируют по составу от чисто карбонатных до терригенных отложений с примесью карбонатного материала. Например, ассоциация кинцитгов, полевошпатовых и диопсидовых гнейсов, скаполит-диопсидовых амфиболитов и мраморов описана как толща, сложенная пелитами, псаммитами, смешанными карбонатно-терригенными породами и известняками [16]. Исследованы метакарбонатные толщи, которые образовались за счет кальцитовых или доломитовых мергелей, карбонатных песчаников и аргиллитов, а также карбонатных граувакк [8, 12, 20]. В составе некоторых метакарбонатных пород присутствуют такие минералы, как нефелин, лазурит, содалит, а также сульфат- и хлорсодержащий скаполит, и обнаруживаются сложные псевдоморфозы по галиту, что свидетельствует, как предполагают, об их образовании за счет соленосных доломит-аргиллитовых толщ в условиях глубокого метаморфизма [11, 15, 25].