

УДК 550.42:552.3:551.248.1(571.531.55)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ПРИ ПАЛЕОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЯХ

© 2002 г. Е. Ф. Летникова

Представлено академиком А.П. Лисицыным 13.03.2002 г.

Поступило 13.03.2002 г.

Карбонатные отложения широко представлены как в платформенных, так и в складчатых областях. До недавнего времени методика корреляции карбонатных толщ и их геодинамической типизации опиралась главным образом на данные литолого-фациального и стратиграфического анализа, позволяющие получать вполне удовлетворительные результаты лишь для платформ. Применение традиционных методов исследования карбонатных пород в складчатых поясах, в большинстве случаев, становится малоинформативным в связи с тем, что первичные фациальные особенности и характеристики карбонатных пород либо полностью исчезают, либо в значительной степени искажаются в результате воздействия тектонических и(или) метаморфических процессов, характерных для складчатых областей и связанных главным образом с коллизийными событиями. В связи с этим КПД использования карбонатных пород в складчатых областях для целей региональных корреляций и геодинамических реконструкций приближается к нулю. Подобная ситуация обусловила необходимость поиска дополнительных критериев, способных повысить информативность карбонатных отложений и сделать их более востребованными для решения задач геологического и геодинамического плана.

Для решения этих задач проведены региональные геолого-геохимические исследования в южном складчатом обрамлении Сибирской платформы, как неизмененных, так и в различной степени метаморфизованных, карбонатных отложений Ольхонского, Слюдянского, Китойкинского, Хамсаринского, Тункинского, Тувино-Монгольского, Хамардабанского, Джидинского и Амалатского террейнов. В результате этого собран фактический материал, который был проанализирован в Аналитических центрах Института земной коры

СО РАН, Института геохимии СО РАН, Бурятского геологического института СО РАН и ОИГГМ СО РАН. В итоге получено более 2000 рентгенофлуоресцентных и спектральных анализов проб карбонатных пород и определены содержания таких редких и рассеянных элементов, как Cr, Ni, Co, Cu, V, Mn, Ti, Zr, Sr, Ba, Zn, Sc, Y, Nb, Sn, Pb, Be, Ce. Полученные аналитические данные стали фактической основой для разработки геохимической методики корреляции карбонатных толщ [1]. В результате использования этой методики были выделены индикаторные геолого-геохимические критерии для карбонатных отложений различных геодинамических обстановок северо-восточного сегмента Палеоазиатского океана. На настоящий момент получены геохимические характеристики для трех типов обстановок карбонатонакопления – субплатформенных, задуговых бассейнов и океанических островов (тип гайот).

Как установлено на основе геолого-геохимических исследований, субплатформенным обстановкам карбонатонакопления отвечают отложения осадочных чехлов докембрийской Гарганской глыбы (иркутская свита – R), Тувино-Монгольского микроконтинента (боксонская серия, горлыкская и арашейская свиты – V–Є) и Амалатской глыбы (витимканская серия – Є) (рис. 1). Все эти разновозрастные карбонатные комплексы накапливались в мелководных шельфовых обстановках при пассивном тектоническом режиме [2–4]. При геохимических исследованиях выделены общие тенденции в распределении изучаемых элементов в отложениях этого типа. Однако для каждого возрастного уровня (рифая, венда, кембрия) отмечены характерные геохимические особенности.

Так, наиболее мелководным прибрежно-морским обстановкам накопления отвечают отложения рифейского возраста. Для них характерны вышекларковые содержания Zr и Ba и близкие к кларку содержания Mn (табл. 1). Это единственный тип из изученных карбонатных отложений, для которых отмечены столь высокие содержа-

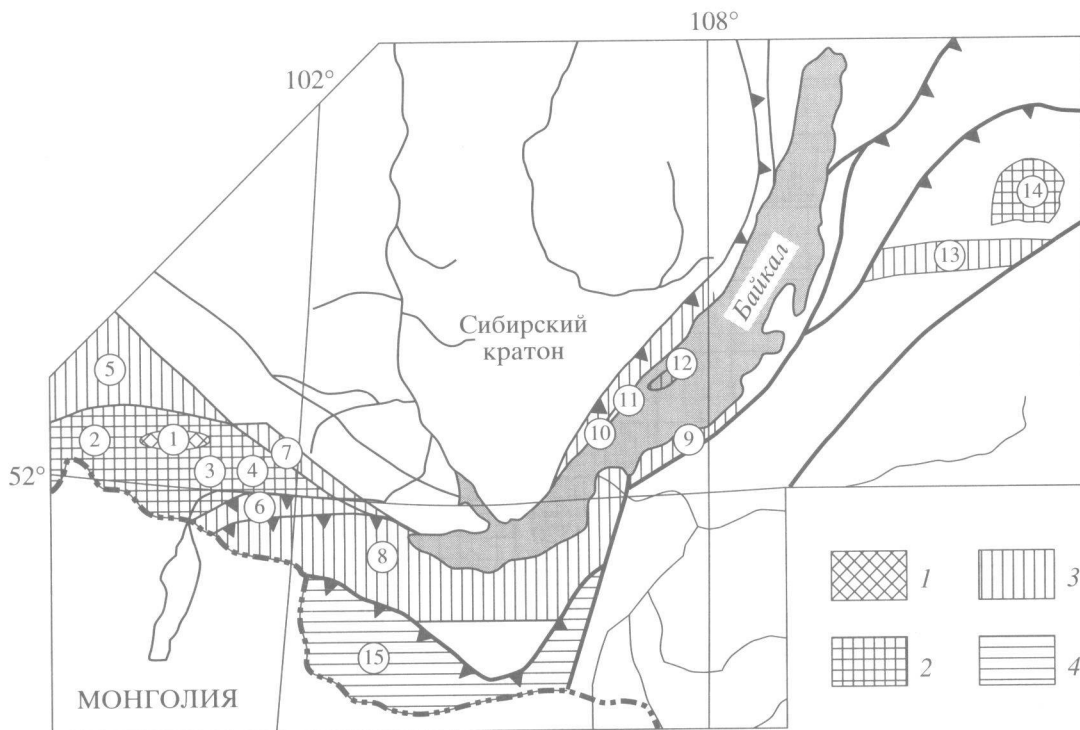


Рис. 1. Схема расположения карбонатных комплексов, накопившихся в различных геодинамических обстановках в южном складчатом обрамлении Сибирского кратона. Обстановки седиментогенеза – субплатформенные: 1 – рифейские, 2 – венд-кембрийские (нерасчлененные), 3 – раннепалеозойские задуговых бассейнов, 4 – кембрийские океанических островов (тип гайот). Цифры в кружках – изученные серии и свиты: 1 – иркутская, 2 – боксонская, 3 – горлыкская, 4 – араошейская, 5 – карбонатные отложения Хайт-Тиссинского междуречья, 6 – толтинская, 7 – китойкинская, 8 – слюдянская, 9 – селингинская, 10 – цаган-забинская, 11 – ангинская, 12 – ольхонская, 13 – гаргинская, 14 – витимканская, 15 – хасуртинская.

ния Zr. Для вендских шельфовых карбонатных отложений отличительной особенностью являются повышенные содержания Mn и Ba, превышающие кларк в 2–8 раз. Следует отметить, что для отложений этого временного интервала характерны очень низкие содержания Sr, связанные с присутствием в разрезах рифогенных построек [5]. Несмотря на то, что V-Е-карбонатные отложения образуют единые карбонатные платформы, кембрийские карбонатные отложения отличаются от вендских более низкими содержаниями Ti, Mn, Zr и более высокими – Sr и Ba (табл. 1). Возможно, это связано с началом трансгрессивного этапа, который отмечен рядом исследователей для этого возрастного рубежа в изучаемом регионе [3].

Различия в составе и характере распределения элементов-примесей более заметны между рифейскими и венд-кембрийскими субплатформенными отложениями (табл. 2). Для первых основной питающей провинцией являлись породы кислой специализации (Sn, Be, Zn, Pb), которыми могли быть образования Гарганской глыбы, при подчиненном участии пород основной (Cu, V, Sc, Y, Nb, Rb) и ультраосновной специализаций (Cr, Ni, Co). Следует отметить, что рифейские отло-

жения чехла Гарганской глыбы накапливались там, когда глыба представляла собой изолированный террейн и уже не входила в состав какого-либо дорифейского супертеррейна [4].

Для венд-кембрийских субплатформенных отложений источниками сноса были продукты разрушения кристаллических образований офиолитового комплекса – породы основной и в меньшей мере ультраосновной специализаций. При этом отмечается отсутствие значительных геохимических отличий между разновозрастными отложениями чехлов Тувино-Монгольского микроконтинента и Амалатской глыбы (табл. 2). Отличия в наборе элементов-примесей рифейских и венд-кембрийских карбонатных отложений связаны с различной природой фундамента микроплатформ, на которых происходило карбонатонакопление. Представление о том, что субплатформенные шельфовые отложения кратонного типа накапливаются только на фундаменте, сложенном породами континентальной коры, опровергается исследованиями венд-кембрийского чехла Тувино-Монгольского микроконтинента, в фундаменте которого в достаточном количестве присутствуют комплексы пород основного и ультраосновного составов, которые и являлись пита-

Таблица 1. Средние содержания основных типоморфных элементов в карбонатных отложениях различных геодинамических типов в южном складчатом обрамлении Сибирской платформы

Типы обстановок	Ti	Mn	Zr	Sr	Ba
Субплатформенные, рифейские ($n = 180$)	348	348	27	220	123
Субплатформенные, вендские ($n = 60$)	720	684	10.4	67	38
Субплатформенные, кембрийские ($n = 530$)	250	80	7	183	48
Задуговых бассейнов ($n = 1150$)	320	100	10	2135*	105
Океанических островов, мелководные ($n = 210$)	144	480	4.8	73	1200
Океанических островов, глубоководные ($n = 70$)	10680	1320	130	512	540
Кларк	1200	400	20	610	10



Примечание. Здесь и в табл. 2: 1 – вышекларковые содержания элемента; 2 – содержания элемента, близкие к кларку; 3 – нижекларковые содержания элемента. Звездочкой отмечено – наравне с этими содержаниями для части разреза характерны нижекларковые содержания Sr. Кларк (г/т) элементов приведен по Беусу (Перельман, 1979).

ющими провинциями при формировании отложений V–Є-чехла [4]. С этой позиции возможно объяснение автохтонного залегания больших шельфовых субплатформенных карбонатных массивов на достаточном удалении от крупных континентов.

Второй тип карбонатакопления отвечает обстановкам задуговых бассейнов. Несмотря на то, что многие исследователи указывали на существование в пределах Палеоазиатского океана в венде–раннем палеозое системы задуговых бассейнов вдоль краевой части Сибирского кратона [6, 7], конкретных террейнов, отвечающих этим обстановкам, в пределах северо-восточного сегмента этого океана до настоящего момента не выделялось. Результатом проведенных геолого-геохимических исследований, с привлечением определенных ранее другими авторами геологических критериев [8, 9], стало выделение новой структуры, отвечающей обстановкам задуговых бассейнов. В ее состав вошли нижнепалеозойские фаунистически охарактеризованные карбонатные отложения Хайт-Тиссинского междуречья, толтинской свиты [2, 10] и метаморфизованные от зеленосланцевой до гранулитовой фаций метаморфизма образования гаргинской, китойкинской, слюдянской, селенгинской, ольхонской, ангинской и цаганзабинской серий (рис. 1). Возраст метаморфизма всех этих комплексов отвечает узкому временному интервалу – 460–470 млн. лет [11, 12].

Однако до сих пор они не рассматривались совместно и, следовательно, относились к разным в геодинамическом и возрастном плане террейнам. При геохимических исследованиях был получен очень ограниченный диапазон их геохимических составов, что может свидетельствовать о том, что их накопление происходило в сходных физико-химических и геодинамических обстановках. Наиболее обогащены, практически всеми из рассматриваемых элементов, мелководные отложения и по мере углубления бассейна наблюдается уменьшение их содержаний. По своим геохимическим параметрам карбонатные отложения этого типа имеют значительное сходство с ранее рассмотренными разновозрастными шельфовыми субплатформенными толщами, и для них также отмечены нижекларковые содержания Ti, Mn, Zr (см. табл. 1). Основные отличия наблюдаются в распределении Sr и Ba. Эти элементы попадают в задуговой бассейн седиментации в результате поствулканической гидротермальной деятельности [13]. Во всех перечисленных выше стратиграфических подразделениях отмечаются или высокостронцевые горизонты, в среднем 1000–1500 г/т, до 2500 г/т, или для карбонатных отложений Хайт-Тиссинского междуречья проявлена региональная геохимическая стронцевая аномалия со средними значениями содержаний Sr 1500–6000 г/т и максимальными – 13000 г/т. Питающими провинциями для карбонатных серий этого типа яв-

Таблица 2. Средние содержания элементов-примесей в карбонатных отложениях различных геодинамических типов в южном складчатом обрамлении Сибирской платформы

Типы обстановок	Cr	Ni	Co	V	Cu	Pb	Sn	Zn	Be	Y	Nb	Rb	Sc
Субплатформенные, рифейские	11	8.6	7.1	20	11	9	1	20	0.8	12	Н. о.	Н. о.	Н. о.
Субплатформенные, вендские	17	25	3.6	27	3	4.5	0	13	0	39	1.1	1.9	4
Субплатформенные, кембрийские	6	2.7	1.7	18.6	2.4	4.5	0	8.8	0	27	1.1	1.9	2
Задуговых бассейнов	10.6	5.4	1.3	12.4	3.6	4.5	0	12	0	6	1	2.4	1.9
Океанических островов, мелководные	6	7.6	2.3	12	8	1.8	0	15	0	1.2	1.4	9.9	1.5
Океанических островов, глубоководные	253	116	24	260	112	6.3	0	82	0	27	27	30	37
Кларк	11	2	0.1	20	4	9	0.1	20	0.1	30	2	3	1

ялись породы основной и ультраосновной специализаций (см. табл. 2). Породы кислой специализации в формировании данных карбонатных толщ участия не принимали. Таким образом, можно предполагать наличие в структуре краевых частей южного складчатого обрамления Сибирского кратона раннепалеозойской структуры, отвечающей системе задуговых бассейнов (см. рис. 1).

Третий изученный тип отвечает обстановкам карбонатакопления на вулканических островах в пределах террейнов океанического типа (гайотах). Данному типу соответствуют карбонатные отложения Джидинской зоны (хасуртинская свита) (см. рис. 1) [14]. В противоположность предыдущему типу наиболее химически чистые карбонатные отложения накапливались на вулканических островах в мелководной зоне и по геохимическим характеристикам также схожи с рассмотренными шельфовыми субплатформенными рифогенными разновозрастными комплексами (см. табл. 1, 2). Так, несмотря на то что отложения третьего типа представлены в основном известковыми разностями, для мелководных частей разреза отмечаются очень низкие содержания Sr (см. табл. 1), столь характерные для рифогенных образований, которые длительно не перекрывались вышележащими осадками, вследствие чего этот элемент выносился в воды бассейна седиментации [5]. С другой стороны, для мелководных отложений этого типа отмечены очень высокие содержания Ba (с максимальными значениями до 2%). Вторичных барийносных прожилков для этих отложений не отмечено, поэтому anomalously высокие содержания Ba, по-видимому, имеют синседиментационную природу и, вероятно, его осаждение происходило в рифовых лагунах [15]. Переходные и глубоководные части раз-

реза соответствуют склоновой части подводных гор, где значительную роль в формировании данных типов отложений играли подводные гидротермы и обломочный материал, образующийся в результате эрозионного или тектонического разрушения вулканических построек. Для глубоководных отложений в пределах вулканических островов, содержащих достаточное количество терригенного обломочного материала, характерны вышекларковые содержания Ti, Zr, Mn, Ba и нижекларковые Sr (см. табл. 1). Возможно, сопоставлять глубоководные отложения этого типа, содержащие более 15% терригенной примеси, с практически чистыми (1–5% примеси) карбонатными отложениями не совсем корректно. Однако они являются индикаторными для выделенного геодинамического типа обстановки накопления. Основными питающими провинциями для всех изученных карбонатных отложений Джидинского океанического террейна служили породы основной специализации нормальной и повышенной щелочности и, в меньшей мере, ультраосновной специализации (см. табл. 2).

Проведенный сравнительный геохимический анализ карбонатных отложений всех трех изученных типов обстановок карбонатакопления в северо-восточном сегменте Палеоазиатского океана показал значительные отличия в характере распределения ряда редких и рассеянных элементов (см. табл. 1, 2). Полученные индикаторные геохимические характеристики карбонатных пород могут служить дополнительным критерием при региональных корреляциях, в том числе “немых” или метаморфизованных серий, а также при палеогеодинамических реконструкциях обстановок карбонатакопления. В результате проведенных исследований создана методическая основа

для исследований карбонатных толщ, применимая для целей террейнового анализа.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 00-05-64142).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интерпретация геохимических данных / Под ред. Е.В.Склярова. М.: Интернет Инжиниринг, 2001. 288 с.
2. Босс Р.Г. Палеозой Тункинских гольцов Восточного Саяна. Новосибирск: Наука, 1991, 143 с.
3. Хераскова Т.Н., Самыгин С.Г. // Геотектоника. 1992. № 6. С. 18–36.
4. Беличенко В.Г., Летникова Е.Ф., Гелетий Н.К. // ДАН. 1999. Т. 364. № 1. С. 80–83.
5. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
6. Конников Э.Г., Гибшер А.С., Изох А.Э. и др. // Геология и геофизика. 1994. Т. 35. № 7/8. С. 152–168.
7. Берзин Н.А., Колман Р.Г., Добрецов Н.Л. и др. // Геология и геофизика. 1994. Т. 35. № 7/8. С. 8–28.
8. Басков Е.А., Белиницкая Г.А., Романовский С.И. и др. Литогеодинамика и минерагения осадочных бассейнов. СПб., 1998. 480 с.
9. Геодинамические реконструкции. / Под ред. В.А. Уникова. Л.: Недра, 1989. 278 с.
10. Летникова Е.Ф., Донская Т.В., Школьник С.В. // ДАН. 2002. Т. 382. № 2. С. 238–241.
11. Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Резницкий Л.З. и др. // Петрология. 1997. № 2. С. 102–123.
12. Донская Т.В., Скляров Е.В., Гладкочуб Д.П. и др. // ДАН. 2000. Т. 374. № 1. С. 79–83.
13. Андреев С.И., Анিকেева Л.И., Вишневецкий А.Н. и др. Геология и минеральные ресурсы Мирового океана. СПб., 1995. С.141–158.
14. Беличенко В.Г., Гелетий Н.К., Летникова Е.Ф. // ДАН. 1996. Т. 348. № 1. С. 78–81.
15. Tucker M.E., Wright V.P., Dickson J.A.D. Carbonate Sedimentology. Oxford: Blackwell, 1996. 482 p.