

УДК 563.672:551.735:477

Е.П. БАХТАРОВА (ст. преп.)

А.В. ПРИВАЛОВ (студент)

Донецкий национальный технический университет, г. Покровск, Украина

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СКЕЛЕТНЫХ ОСТАТКОВ КОРАЛЛОВ ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕГО И ВЕРХНЕГО КАРБОНА ДОНБАССА

Разведка месторождений каменного угля в Донбассе требует разработки более совершенных палеонтологических методов стратиграфии. Важную роль для стратиграфии каменноугольных отложений Донецкого бассейна играют кораллы. Одним из характерных и многочисленных родов этих отложений является *Lonsdaleia (Rugosa)*. Изменения среды обитания и захоронения в карбоне вызвали изменения не только в строении скелета различных видов этого рода, но и в химическом составе скелетного вещества.

Ключевые слова: стратиграфия, карбон, геохимия, кораллы, ругозы, химический состав.

Разведка месторождений каменного угля в Донбассе требует разработки более совершенных палеонтологических методов стратиграфии. Основу современной стратиграфии составляет эволюция органического мира. Современная шкала общих стратиграфических подразделений фанерозоя составлена на основании определения ископаемых организмов и их комплексов в различных по возрасту толщах осадков. Однако, для весьма дробного стратиграфического расчленения многих осадочных образований биостратиграфическая методика не может быть применима в полной мере. Связано это с тем, что эволюция органического мира находит свое отражение в более или менее значительных по мощности толщах.

Одной из методик детальных стратиграфических исследований в Донбассе явилась лутугинская (донецкая) методика, разработанная в конце прошлого столетия Л.И. Лутугиным при проведении в Донецком бассейне детальной геологической съемки каменноугольных отложений. Лутугинская методика успешно использовалась и совершенствовалась Л.П. Нестеренко [3].

Сущность методики, заключается в том, что среди осадочных образований однообразной каменноугольной толщи выделяются неповторимые в вертикальном разрезе маркирующие карбонатные горизонты и пласты углей и их сочетания, как между собой, так и между вмещающими их песчано-глинистыми осадками. Благодаря этому изучаемый разрез расчленяется весьма дробно, вплоть до отдельных маломощных пластов различных пород. Органические остатки изучались как показатели фациальных обстановок, а не в эволюционном плане.

Принципиальную основу лутугинской методики составляет эволюция процессов осадконакопления в пространстве и во времени. Большое внимание при этом уделялось элементам повторяемости в разрезе, выделению циклов и ритмов. Необходимо отметить, что в каменноугольных отложениях Донбасса наблюдается «классическая» ритмичность, известная даже из учебной литературы. Необходимость дробного расчленения осадочных образований в отдельных регионах потребовала разработки более совершенных палеонтологических методов стратиграфии. Следовательно, при изучении фауны необходимо не только проследить эволюционное развитие той или иной группы органических остатков, но находить особенности в фаунистических остатках разных фациальных групп. Это позволит существенно дополнить и расширить возможности лутугинской (донецкой) методики стратиграфических исследований.

Целью настоящего исследования является установление закономерности в развитии химического состава скелетного вещества кораллов транзитного рода *Lonsdaleia*.

Геохимические исследования показали, что для песчаников и карбонатных пород верхнепалеозойских отложений Донбасса характерно повышенное по сравнению с кларками для данного типа осадков накопление ряда литофильных (Be, Ti, Ba, Mn, V, Sr),

халькофильных (As, Bi, Sn, Cu) и сидерофильных (Co, Mo) элементов. Ртуть и германий накапливаются только в карбонатных породах, а цинк - в песчаниках [5].

Подразделение разновозрастных пород основано главным образом на участии в среднекаменноугольных породах ассоциации литофильных элементов, а в более молодых - халькофильных и сидерофильных.

Вверх по разрезу возрастают максимальные, а в ряде случаев - средние содержания некоторых халькофильных элементов.

Величина аддитивного геохимического отношения $Be + Cu / Ba + Hg$ возрастает вверх по разрезу [5].

Исследования показали, что геохимические особенности, а также ритмичность различных подразделений верхнепалеозойских отложений отражают специфические условия осадконакопления и могут быть использованы для изучения эволюции процессов седиментации и их стратификации.

Отмечены существенные изменения геохимических особенностей осадков и увеличение их геохимической неоднородности в латеральном направлении, при переходе от геосинклинального к субплатформенному типу разреза, что также свидетельствует об усложнении системы седиментации.

Одной из групп организмов, которые чутко реагировали на изменение среды обитания, являются кораллы. Следовательно, их остатки несут в себе информацию об особенностях образования осадков.

Изучение коралловой фауны карбона Донбасса показало, что изменения среды обитания на рубеже раннего и среднего карбона вызвали изменения видового состава *Cnidaria*, а также в пределах одного рода вызвали изменения не только в строении скелета, но и в химическом составе скелетного вещества.

Для исследования палеохимии скелетного вещества были выбраны лонсдалии, так как филум *Lonsdaleia multiseptata* *Dobr.* – *L. baschkirica* *Kozireva* [2] дает возможность проследить последовательность в развитии скелетного вещества, начиная от расцвета и максимально усложненного скелета в конце раннего карбона, и кончая упрощением осевой структуры и вымиранием – в конце карбона.

Скелет – это энергетический каркас, созданный полипом для поддержания биологической связи организма с изменяющейся окружающей средой. Основными причинами направленного изменения скелетного вещества кораллов считают эволюционные изменения в составе гидросферы и атмосферы, а также диагенез и катагенез кораллов [1].

Лонсдалии являются наиболее многочисленными и характерными формами серпуховского - башкирского ярусов. *Lonsdaleia multiseptata* *Dobr.* обладают типичным для раннекаменноугольных кораллов скелетом: крупноячеистостью и сложностью строения. *Lonsdaleia baschkirica* *Kozireva*, встречающиеся в конце карбона, отличаются упрощенной осевой структурой. Эволюция этих ругоз, как и любых организмов, начиналась с самых простых генетических преобразований внутри популяций.

На рубежах веков в условиях упадка биопродуктивности регрессирующих морей повышение жизнеспособности колоний ругоз происходило за счет адаптаций и резкого уменьшения густоты населенности. Ругозы среднего карбона в Донбассе не могли создавать многочисленные и разнообразные каркасы органогенных построек, как их предки в трансгрессирующем бассейне раннего карбона. Одновременно к концу карбона резко изменилось строение скелета лонсдалий, что привело к уменьшению размеров ячеек, к дифференциации горизонтальных элементов скелета (днищ) и уменьшению количества септ. По мере роста осевая часть зооидов *Lonsdaleia baschkirica* *Kozireva* утрачивала скачкообразный характер и частоту передвижения. Вероятно, при этом происходила экономия энергии передвижения и усовершенствование нервно-мышечной системы. В целом более поздний этап развития ругоз в карбоне характеризуется прогрессивным упрощением скелета.

Для определения химического состава скелетного вещества были отобраны образцы *Lonsdaleia multiseptata* *Dobr.* и *L. baschkirica* *Kozireva*, которые подверглись спектральному анализу микроанализатором Las-3000 фирмы «Riberg» в Институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

В результате получены данные о количественном содержании большинства химических элементов скелетного вещества *Lonsdaleia* (табл. 1)

Таблица 1. Главные компоненты химического вещества кораллов

Основные химические элементы	<i>Lonsdaleia multiseptata</i> Dobr.		<i>Lonsdalei baschkirica</i> Kozireva	
	Весовая концентрация (вес. %)	Атомная концентрация (атом %)	Весовая концентрация (вес %)	Атомная концентрация (атом %)
Al	0,148-3,906	0,087-3,750	0,254-0,778	0,262-0,800
Si	0,473-6,826	0,267-6,295	1,114-2,814	1,153-2,762
Ca	19,810-65,040	7,386-44,390	25,068-67,155	19,702-46,521
Fe	0,000-0,755	0,000-370	1,652-4,441	0,309-2,216
Cu	0,000-0,226	0,000-0,097	0,000-0,283	0,000-0,124
Ti	0,000-0,212	0,000-0,115	0,000-0,025	0,000-0,014
Mg	0,000-0,744	0,000-0,834	0,000-0,390	0,000-0,116
Zn	0,000-0,070	0,000-0,280	0,000-0,715	0,000-0,081
Co	0,000-0,226	0,000-0,097	0,000	0,000
Mn	0,000-1,156	0,000-0,573	0,000	0,000
O	20,044-33,445	18,720-54,154	29,243-39,517	29,916-51,054

Результаты количественного определения средних весовых концентраций химических элементов (вес. %) для исследованных проб представлены на рис. 1 в координатном поле: ось абсцисс x - *Lonsdaleia multiseptata* Dobr.; ось ординат Y - *Lonsdalei baschkirica* Kozireva. Линия линейного тренда $Y(x) = -0,052 + 1,1405 \cdot x$, по существу, разграничивает области повышенных концентраций химических элементов для *Lonsdalei baschkirica* Kozireva (верхняя полуплоскость) и *Lonsdaleia multiseptata* Dobr. (нижняя полуплоскость).

В связи с предельно малыми концентрациями ряда химических элементов основной график в координатном поле $\{x; Y\}$, представленный на рис. 1 (а), был дополнен детализацией - рис 1 (б).

Анализ показал, что резкие изменения в строении скелета организмов лонсдалей: утрата радиальных и реже срединных пластинок осевой структуры при сохранении одного из важнейших функций скелета – опоры - сопровождалась изменением химического состава скелетного вещества.

Структурной единицей скелета ругоз является кальцит. В его ряду существуют соединения относительно малых катионов: магний, цинк, кобальт, железо, марганец и др. Кальцит сравнительно слабо устойчив, благодаря легкой растворимости в кислотах может переходить в раствор. В связи с этим скелет из кальцита в целом неэластичный, хрупкий. Крепость скелета обусловлена наличием определенных химических элементов. Повышают твердость скелетного вещества примеси стронция, бария, свинца, а также тяжелых металлов.

Результаты анализа трендов видового многообразия кораллов в известняках карбона Донецкого бассейна [6] указывают на то, что с течением времени глубины бассейна осадконакопления и энергетика водных потоков в Донбассе определялись не

только глобальными гляцио-эвстатическими колебаниями уровня Мирового океана, но и локальными тектоническими колебаниями. С этой точки зрения, выявленные отличия в химическом составе скелета позднекаменноугольной формы *Lonsdalei baschkirica Kozireva* – закономерны: в связи с последовательным постепенным развитием морского бассейна в направлении прогрессирующего ослабления его связей с открытым морем, в условиях развивающейся аридизации климата отмечается снижение концентрации кальция при большем количестве железа.

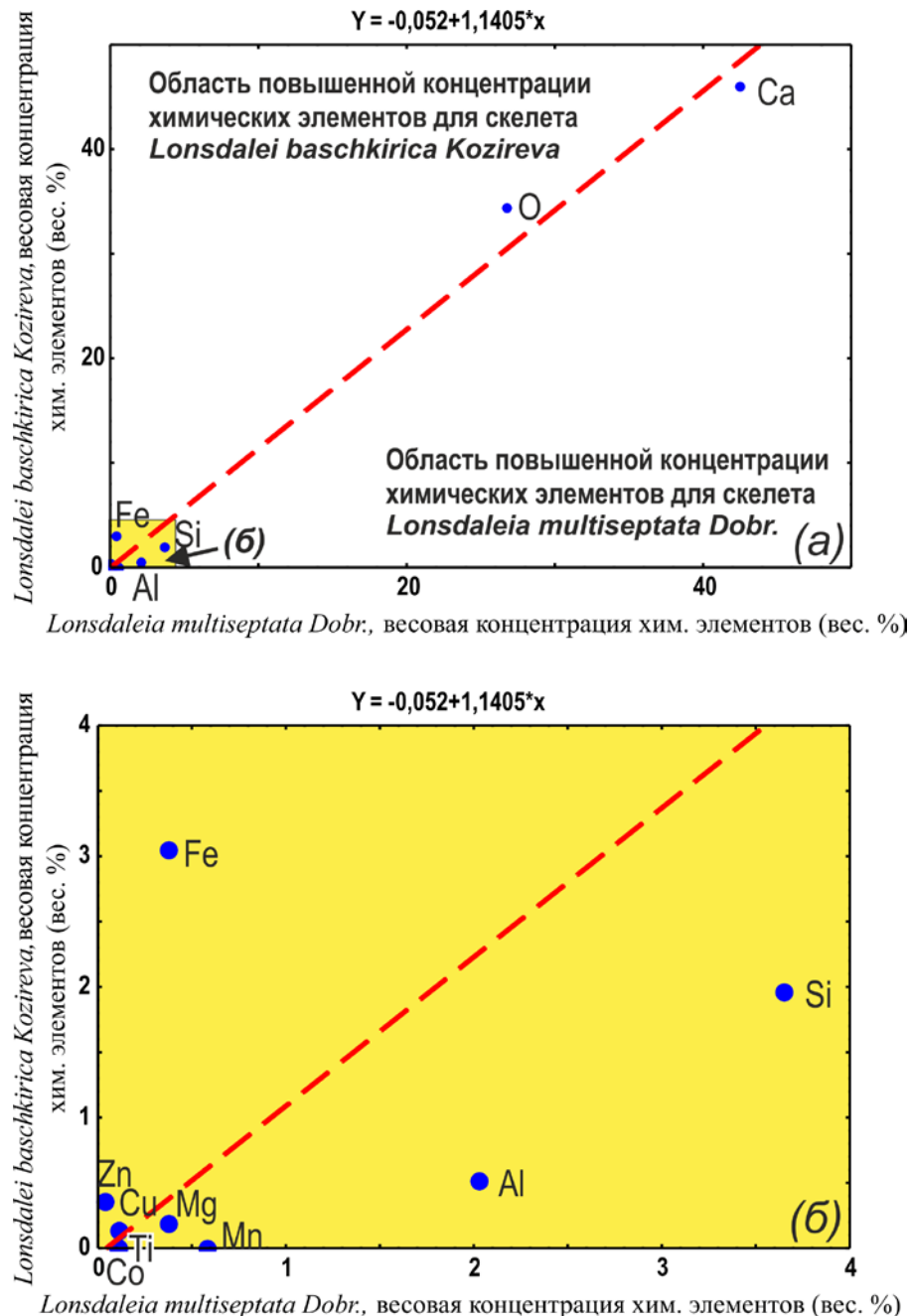


Рис.1. (а) Результаты количественного определения средних весовых концентраций химических элементов (вес. %) для исследованных проб в координатном поле: ось абсцисс x - *Lonsdaleia multiseptata Dobr.*; ось ординат Y - *Lonsdalei baschkirica Kozireva*; (б) – детализация графика в координатном поле $\{x; Y\}$ при $x < 4\%$, $Y < 4\%$. Линия линейного тренда $Y(x) = -0,052 + 1,1405 * x$ разграничивает области повышенных концентраций химических элементов для *Lonsdalei baschkirica Kozireva* (верхняя полуплоскость) и *Lonsdaleia multiseptata Dobr.* (нижняя полуплоскость).

Скелеты более ранних лонсдалей отличаются повышенным содержанием алюминия, кремния, титана, магния, кобальта и марганца, а более поздних – повышенным содержанием железа, цинка и меди. Вероятно, в тех случаях, когда организму требовалась устойчивая защита от внешних условий, они извлекали из воды те или иные химические элементы. Можно предположить, что эволюция видов рода *Lonsdaleia* выражалась в историческом преобразовании их адаптаций.

В концентрации одного из главных компонентов скелетного вещества – магния – определенную роль играет тесный симбиоз ругоз с зооксантеллами [4]. Зооксантеллы извлекали необходимый им для дыхания углекислый магний из воды, выдыхая при этом жизненно важный для кораллов кислород.

Для всех карбонатсодержащих организмов существует зависимость между содержанием магния и температурой среды: соотношение Ca/Mg обратно пропорционально температуре [4]. Проведенные расчеты показывают, что для ранних форм *Lonsdaleia multiseptata* Dobr. соотношение Ca/Mg составило 114, в то время как для более поздних форм *Lonsdalei baschkirica* Kozireva Ca/Mg возрастает до 236. Следовательно, температура бассейнов Донбасса снижалась с течением времени, что согласуется с палеоклиматическими реконструкциями для каменноугольного периода [7].

Море, сильно обогащенное металлами, оказывало влияние не только на усиленное видообразование в бассейне, но и на физические свойства скелета. Более высокая концентрация металлов отмечена в более древних формах. Вероятно, ранние лонсдалей выработали особый механизм, при помощи которого смогли поглощать определенное количество рассеянных металлов. По-видимому, существовали ругозы-концентраторы, нормальная жизнедеятельность которых протекала в условиях повышенного содержания кремния, алюминия, магния, железа, кобальта и др.

Таким образом, изменения окружающей среды способствовали некоторым изменениям в химическом составе скелетного вещества ругоз на рубеже серпуховского и башкирского веков и более усиленному видообразованию колониальных ругоз в Донбасса. Предельное усовершенствование лонсдалей и прогрессивное упрощение осевой структуры перед вымиранием (*Lonsdaleia baschkirica* Kozireva – последний член филогенетической ветви) обусловлены как физическими свойствами скелета, так и его химическим составом.

Библиографический список

1. Козлова Л.Е. Изучение кораллов с помощью физико-химических методов анализа. // Древние Cnidaria. – Новосибирск: Наука, 1978. - Т.1 - с. 254-262.
2. Козырева Т.А. Новые виды среднекаменноугольных кораллов и филогения *Lonsdaleia* (Rugosa). // Бюлл. Московского общества испытателей природы. Отд. Геологии, 1978. - Т.53 (4), с. 73-81.
3. Нестеренко Л.П. Лутугинская (донецкая) методика стратиграфических исследований // Советская геология, 1977. - № 7. – С. 122 – 126.
4. Попоян А.С. Некоторые данные о скелетном веществе кораллов Армянской ССР. // Известия АН Арм. ССР. Науки о Земле, №2, 1978, - с. 3-7.
5. Яновский В.М., Бахтарова Е.П., Хромов А.Н. К вопросу о нетрадиционных методах стратификации каменноугольных отложений северной окраины Донбасса // Труды ДонГТУ серия горно-геологическая, вып. 11, Донецк, 2000. –с. 107-111.
6. Бахтарова Е.П., Привалов В.А. Влияние тектонических условий на видовое разнообразие кораллов карбона Донецкого бассейна // Наук. праці ДонНТУ: Серія гірн.–геол. - 2006. – Вип. 111. - Т.1. – с. 7 – 15.
7. Came R. E., Eiler J. M., Veizer J., Azmy K., Brand U., Weidman C. R.. Coupling of surface temperatures and atmospheric CO₂ concentrations during the Palaeozoic era // Nature. – 2007. – Vol.449. – p. 198-201.

Надійшла до редакції 10.08.2016

О.П. Бахтарова, А.В. Привалов

Донецький національний технічний університет, Покровськ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ СКЕЛЕТНИХ РЕШТОК КОРАЛІВ З ВІДКЛАДЕНЬ СЕРЕДНЬОГО І ВЕРХНЬОГО КАРБОНУ ДОНБАСУ

Розвідка родовищ кам'яного вугілля в Донбасі потребує розробки досконаліших палеонтологічних методів стратиграфії. Важливу роль для стратиграфії кам'яновугільних відкладень Донецького басейну відіграють корали. Одним з характерних і численних родів цих відкладень є *Lonsdaleia (Rugosa)*. Зміни середовища проживання в карбоні викликали зміни не тільки в будові скелета різних видів цього роду, а й у хімічному складі скелетного речовини.

Ключові слова: стратиграфія, карбон, геохімія, корали, ругози, хімічний склад.

O. Bakhtarova, A. Pryvalov

Donetsk National Technical University, Pokrovsk, Ukraine

PECULIARITIES OF CHEMICAL COMPOSITION OF SKELETAL REMAINS OF CORAL FROM MIDDLE AND UPPER CARBONIFEROUS SEDIMENTS OF THE DONETS BASIN

The exploration of coal deposits in the Donbas requires the development of better methods of paleontological stratigraphy. An important role for the stratigraphy of the Carboniferous deposits of Donets Basin belongs to corals. One of the characteristic and numerous genera of these deposits is *Lonsdaleia (Rugosa)*. The changes in the environment at the turn of the Carboniferous led to changes not only in the structure of the skeleton of various species of the genus, but also in the chemical composition of the skeletal material.

Keywords: stratigraphy, carbon, geochemistry, corals, rugosa, chemical composition.