

УДК 551.24

Л.Ф. Копаевич

БИОТИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ В РАЗВИТИИ ГЛОБОТРУНКАНИД (ПОЗДНЕМЕЛОВЫЕ ПЛАНКТОННЫЕ ФОРАМИНИФЕРЫ) КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ¹

Проанализировано изменение качественного и количественного состава комплексов планктонных фораминифер группы глоботрунканид на примере границ альба и сеномана, сеномана и турона, а также морфологии их раковин, что позволило детализировать расчленение разрезов. Выявлена связь биособытий, хемотратиграфии и геохронологии, что значительно повысило корреляционный потенциал стратиграфических построений.

Ключевые слова: поздний мел, планктонные фораминиферы, морфологические изменения, зональные схемы.

Change of qualitative and quantitative structure of planktonic foraminiferal assemblages (Globotruncanids group) on examples of the Albian-Cenomanian and Cenomanian-Turonian boundaries, and also morphology of their shells analysed. These data has allowed to detail of subdivision and correlation of sections. Sequence of bio-, chemo- and geochronological events increased of correlation potential of foraminiferal zonal schemes.

Key words: Late Cretaceous, planktonic Foraminifera, morphological changes, zonal schemes.

Введение. Развитие филогенетически и морфологически обособленной группы глоботрунканид, начавшееся в раннем мезозое, происходило путем выработки и совершенствования приспособлений к флотации в пелагиали. На протяжении юры и мела развитие глоботрунканид шло по пути биологического прогресса, т.е. увеличения систематического разнообразия, многочисленности особей в популяции, широкого географического расселения. Различные приспособления к планктонному образу жизни в процессе эволюции глоботрунканид формировались и совершенствовались постепенно. Образовывались различные морфотипы раковин, осваивавших различные участки акватории Мирового океана. В развитии глоботрунканид существовала периодичность, отраженная в чередовании этапов увеличения и уменьшения систематического разнообразия, которые соответствовали периодам крупных структурных и климатических перестроек в истории Земли.

Как известно, при разработке зональных стратиграфических схем планктонным фораминиферам принадлежит ведущая роль. Это связано с их быстрой эволюцией на протяжении поздне меловой эпохи, широким географическим распространением, постоянным присутствием в морских осадочных толщах разных палеогеографических областей; кроме того, глоботрунканиды легко диагностируемы.

Роль глоботрунканид в биостратиграфии. Начиная с мелового периода, при идентификации глоботрун-

канид используются такие морфологические характеристики раковины, как: 1) строение раковины и характер навивания камер; 2) положение главного устья; 3) пластинки, прикрывающие устье; 4) присутствие дополнительных устьев и их положение; 5) форма периферического края; 6) характер орнаментации. На основании сочетания этих признаков среди глоботрунканид выделяются следующие родовые таксоны: *Hedbergella*, *Ticinella*, *Praeglobotruncana*, *Rotalipora*, *Whiteinella*, *Helvetoglobotruncana*, *Dicarinella*, *Marginotruncana*, *Globotruncana*, *Contusotruncana*, *Globotruncanita*, *Archaeoglobigerina*, *Rugoglobigerina*, *Rugotruncana*, *Globotruncanella*, *Gansserina*, *Abathomphalus* (рис. 1).

Развитие и усложнение морфологии раковин глоботрунканид происходило в неразрывной связи и под существенным влиянием изменений палеоокеанографических обстановок [Caron, 1983; Caron, Homewood, 1983]. В целом поздний мел представлял собой исключительно благоприятный политаксонный этап в эволюции глоботрунканид, когда возрастала плотность популяции, возникали и быстро развивались новые морфотипы, обитавшие в самых различных участках водной колонки — от эуфотической зоны до глубины 200–300 м; кроме того, они обладали различным типом «жизненной стратегии» [Caron, Homewood, 1983; Горбачик, Копаевич, 1992; Petrizzo, 2002]. Этапы политаксонных фаз высокого таксономического разнообразия прерывались относи-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 08-05-00283 и 08-05-00588) и ФЦП «Научные школы» (грант № НШ-841.2008.5).

ТРОХОСПИРАЛЬНАЯ РАКОВИНА

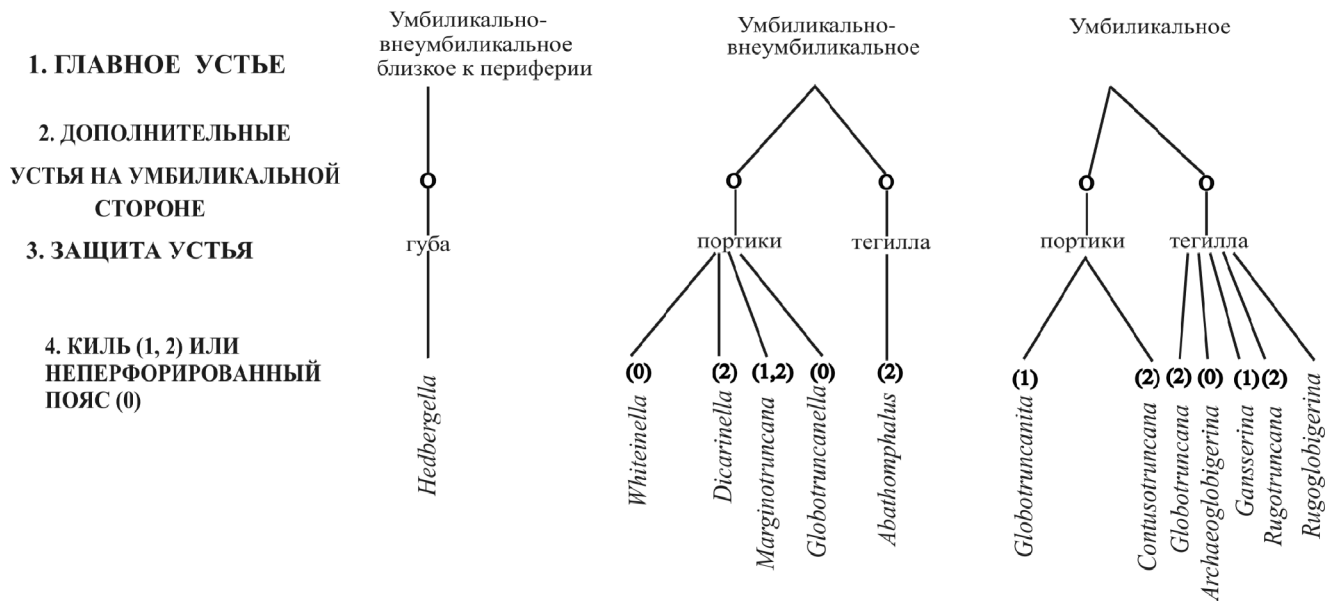


Рис. 1. Ключ к определению глоботрунканид, по [Caron, 1985]

тельно кратковременными, но весьма четко выраженными олиготаксонными эпизодами, которые были обусловлены неблагоприятными палеоокеанографическими обстановками — регрессиями, условиями с дефицитом кислорода, резкими климатическим флуктуациями.

В основу зональных схем положено выделение определенных этапов в истории развития глоботрунканид [Маслакова, 1978; Caron, 1983, 1985]. Наиболее часто применяемая в настоящее время шкала, представляющая своего рода «планктонный стандарт», содержит 16 зональных подразделений [Robaszynski, Caron, 1995].

Эта схема, основанная на филогенетических построениях, сохранила многие маркирующие индексы-виды предшествующих шкал, в частности, для терминального альба, сеномана, турона и позднего маастрихта. Выделенные в сеноман-маастрихтском интервале зоны основаны на первом появлении (*first occurrence*) и исчезновении (*last occurrence*) маркирующих, т.е. важных в стратиграфическом отношении, видов. Корреляция планктонных зон со стандартной ярусной шкалой осуществлялась через аммонитовую и иноцерамовую зонации посредством привязки комплексов фораминифер в совместно изученных разрезах, а также через данные магнитостратиграфии (рис. 2).

В составе выделяемых комплексов глоботрунканид можно выделить три группы видов: 1) виды, существующие на протяжении короткого промежутка геологического времени, присутствие этих таксонов указывает на определенный стратиграфический интервал (зона или подзона); 2) виды, существовавшие на протяжении некоторого времени вместе со своими дочерними формами, эти таксоны могут быть встречены в интервалах одного-двух ярусов; 3) длительное одновременное

существование предковых и дочерних форм, когда обе развиваются одновременно, такие таксоны могут существовать на протяжении нескольких веков.

Из приведенного на рис. 2 перечня существующих зональных подразделений видно, что они весьма неравномерны по длительности. Одни интервалы расчленены дробно, другие зоны могут превышать объем целого яруса. Поэтому для детализации стратиграфических построений приходится прибегать к выделению внутризональных уровней, фиксирующих появление определенных эволюционных изменений в морфологии раковин глоботрунканид. При этом удается выделить интервалы, длительность которых не превышает 500 тыс. лет.

Граница альба и сеномана. Хорошим примером такого расчленения могут служить отложения терминальной части альба и сеномана в стратотипическом разрезе альб-сеноманской границы Монт-Ризу (Юго-Восточная Франция). В пределах терминальной части верхнего альба выделяется зона *Rotalipora appenninica*. Граница зоны включает интервал от первого появления зонального вида до появления *Rotalipora globotruncanoides* Sigal [Robaszynski, Caron, 1995; Gale et al., 1996]. Внутри зоны можно выделить следующую последовательность событий: в нижней ее части фиксируется интервал совместного присутствия зонального вида и планоспиральной килеватой формы *Planomalina buxtorfi* Gandolfi; следующий уровень совпадает с последним присутствием в разрезах *Planomalina buxtorfi*; затем следует диапазон совместного присутствия *Rotalipora appenninica* и *R. ticinensis* Gandolfi (подзона *Rotalipora appenninica/ticinensis*); последний интервал совпадает с исчезновением *R. ticinensis* (промежуток *Rotalipora appenninica* без *ticinensis*). Эта событийная шкала основана на серии

Ярус		Зоны по глоботрунканидам
Маастрихт		<i>Abathomphalus mayaroensis</i>
		<i>Gansserina gansseri</i>
Кампан		<i>Globotruncana aegyptiaca</i>
		<i>Globotruncanella havanensis</i>
		<i>Radotruncana calcarata</i>
		<i>Globotruncana ventricosa</i>
		<i>Globotruncanita elevata</i>
Сантон		<i>Dicarinella asymetrica</i>
Коньяк		<i>Dicarinella concavata</i>
Турон	Верхний	
	Средний	<i>Marginotruncana schneegansi</i>
	Нижний	<i>Helvetoglobotruncana helvetica</i>
Сеноман	Верхний	<i>Whiteinella archaeocretacea</i>
	Средний	<i>Rotalipora cushmani</i>
		<i>Rotalipora reicheli</i>
	Нижний	<i>Rotalipora globotruncanoides</i>
Альб		<i>Rotalipora appenninica</i>
	Верхний	<i>Rotalipora ticinensis</i>
	Средний	<i>Ticinella primula</i>
	Нижний	<i>Hedbergella planispira</i>

Рис. 2. Зональное расчленение альбских—поздне меловых отложений по планктонным фораминиферам по [Robaszynski, Caron, 1985] с упрощениями

морфологических изменений в строении раковины планктонных фораминифер (рис. 3).

К числу таких изменений относятся следующие [Горбачик, 1986; Gorbachik, Кораевич, 2002; Вишневская и др., 2006]: сначала субсферические камеры заменяются уплощенными в филогенетической линии *Hedbergella trochoidea* — *Ticinella roberti* — *Ticinella preaticinensis*. Этот процесс, начавшись в апте,

продолжался вплоть до начала сеномана; затем умбиликальное отверстие расширяется, возникают дополнительные умбиликальные устьевые отверстия *Ticinella roberti* — *Ticinella preaticinensis* — *Rotalipora subticinensis*. Этот процесс происходил на протяжении позднего апта и всего альба. Одновременно у некоторых таксонов дополнительные умбиликальные устья трансформировались в шовные — *Ticinella preaticinensis* — *Ticinella primula*, *T. raynandi* и ранние *Rotalipora subticinensis*, *R. ticinensis* в позднем альбе. Наконец киль у форм, переходных от *Ticinella* к *Rotalipora*, образуется в результате приострения периферического края сначала на ранних стадиях онтогенеза, а затем переходит на его более поздние стадии вплоть до последнего оборота (конец позднего альба). Форма раковины у роталипор меняется от линзовидной (начало сеномана) до умбиликально- и спирально-выпуклой (середина — конец сеномана) (см. рис. 4 в работе [Вишневская и др., 2006]).

Граница сеномана и турона. В детализации определенных интервалов стратиграфических схем с успехом используется влияние окружающей обстановки на состав и таксономическое разнообразие планктонных фораминифер. В этом аспекте наиболее интересным можно считать проявление обстановок с дефицитом кислорода. Одним из таких интервалов дизоксии является граница сеномана и турона. Дефицит кислорода в придонных участках и внутри водного столба вызвал значительные изменения в составе комплексов планктонных фораминифер и способствовал вымиранию представителей рода *Rotalipora*. На рубеже сеномана и турона выделяется обычно зона *Whiteinella archaeocretacea* (рис. 2), в состав которой входят относительно примитивные бескилевые таксоны. Нижняя граница определяется по исчезновению *Rotalipora*, верхняя — по появлению первых *Helvetoglobotruncana helvetica*.

Однако комплексное изучение стратотипического разреза границы сеномана и турона на территории Северной Америки (разрез Пуэбло в антиклинории Рок-Каньон) позволило не только детализировать биостратиграфическое расчленение зоны *Whiteinella archaeocretacea*, но и связать эти изменения с данными геохимических исследований и определениями абсолютного возраста реперных уровней [Keller, Pardo, 2004]. В результате в верхней части зоны *Rotalipora cushmani* выделены подзоны *Praeglobotruncana prae-helvetica* (94,88–94,50 млн лет) и *Anaticinella multiloculata* (94,5–93,94 млн лет). Время вымирания *Rotalipora* охватывает интервал от 93,94 до 93,90 млн лет. Подзона *Praeglobotruncana prae-helvetica* заключена в промежутке от FO зонального вида до FO *Whiteinella archaeocretacea*. Подзона *Anaticinella multiloculata* охватывает интервал от FO *Whiteinella archaeocretacea* до LO *Rotalipora greenhornensis*. Подзона, отвечающая вымиранию FO, маркируется вымиранием *R. greenhornensis* и *R. deecke* в основании и *R. cushmani* в кровле.

Верхний альб			Нижний сеноман	Подъярусы
Mortoniceras perinflatum	Stoliczkaia dispar		Mantelliceras mantelli	Зоны по аммонитам
Rotalipora ticinensis	Rotalipora appenninica		Rotalipora globotruncanoides	Зоны по ПФ
	Planomalina buxtorfi	R. ticinensis	R. gandolfi	Биособытия
	Rotalipora appenninica		R. globotruncanoides	
Rotalipora ticinensis	Rotalipora appenninica/Planomalina buxtorfi	Rotalipora appenninica/ticinensis	Rotalipora appenninica	Подзоны по ПФ

Рис. 3. Событийная шкала расчленения пограничных альб-сеноманских отложений, по [Вишневская и др., 2006]

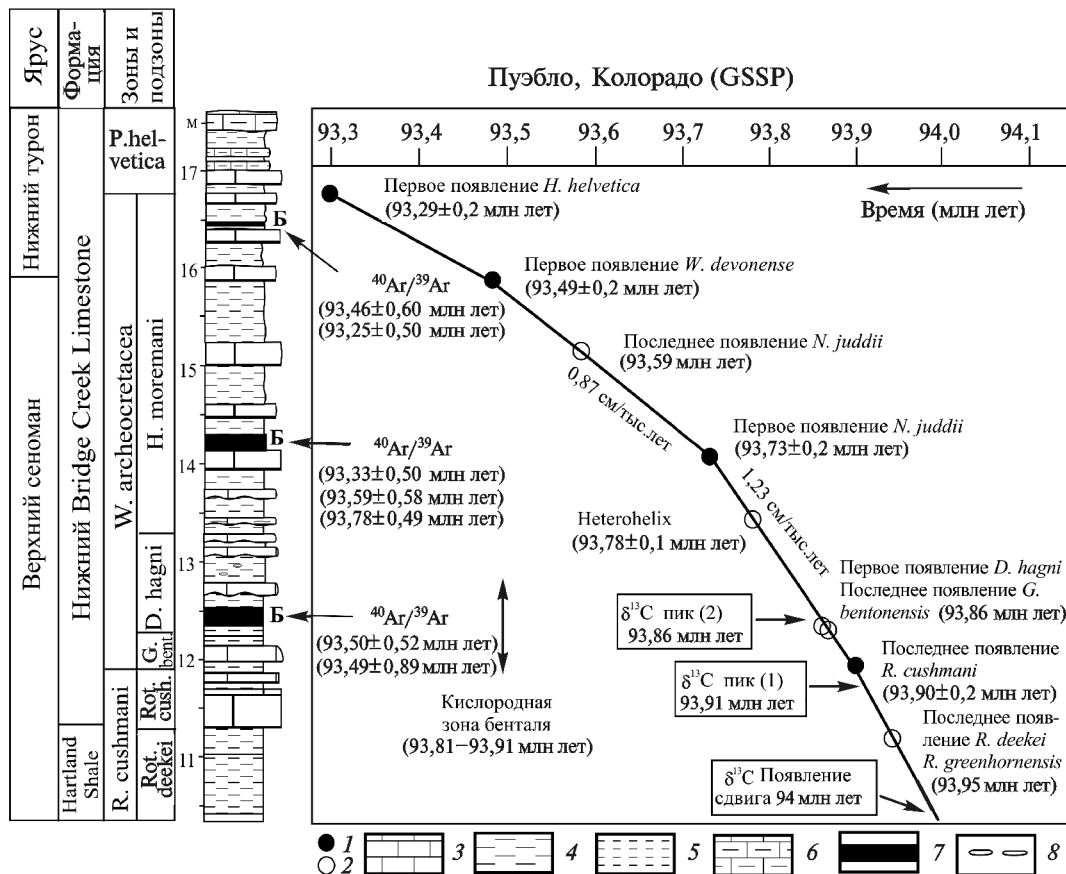


Рис. 4. Геохронологическая и событийная шкала расчленения сеноман-туронского пограничного интервала в разрезе Пуэбло, Колорадо [Keller, Pardo, 2004]: 1 — геохронологические датировки по результатам анализа; 2 — датировки расчета скорости седиментации; 3 — бентонитовые глины; 4 — известняки; 5 — глины; 6 — мергели; 7 — калькарениты; 8 — бентонитовые глины

Следующие подзоны выделяются уже в составе зоны *Whiteinella archaeocretacea*, которая имеет протяженность от 93,90 до 93,29 млн лет. Она подразделяется на три подзоны. Первая — *Globigerinelloides bentonensis* (93,9–93,86 млн лет) — охватывает интервал от LO *R. cushmani* до LO *Globigerinelloides ben-*

tonensis. Этой подзоне также отвечает промежуток между двумя пиками $\delta^{13}\text{C}$ (рис. 4). Следующая подзона *Dicarinella hagni* (93,86–93,78 млн лет), ограничена LO *Globigerinelloides bentonensis* в подошве и резким увеличением количества особей рода *Heterohelix* в кровле. Кроме того, в стратотипическом разрезе к этому

уровню приурочено первое появление вида *Dicarinella hagni*. Подзона *Heterohelix moremani* охватывает интервал с резким преобладанием зонального вида до FO вида *Helvetoglobotruncana helvetica* (93,78–93,29 млн лет). Пик *Heterohelix* является надежным глобальным биомаркером, который отражает экспансию зоны кислородного минимума и пика $\delta^{13}\text{C}$. Начало зоны *Helvetoglobotruncana helvetica* совпадает с появлением зонального вида, приуроченного к отметке 93,29 млн лет. Граница между ярусами проводится по макропалеонтологическим данным и совпадает с отметкой 93,49 млн лет [Hardenbol et al., 1998].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вишневская В.С., Горбачик Т.Н., Копяевич Л.Ф., Брагина Л.Г. Развитие фораминифер и радиолярий на критических рубежах альба–сеномана и сеномана–турона (Северный Перитетис) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2006. Т. 14, № 5. С. 42–63.

Горбачик Т.Н. Юрские и раннемеловые планктонные фораминиферы юга СССР. М.: Наука, 1986.

Горбачик Т.Н., Копяевич Л.Ф. Влияние меловых событий на эволюцию глобигеринид // Геологическая история Арктики в мезозое и кайнозое. СПб.: Наука, 1992. С. 17–29.

Маслакова Н.И. Глоботрунканиды юга европейской части СССР. М.: Наука, 1978.

Caron M. Cretaceous planktic foraminifera // Plankton Stratigraphy. Cambridge Univ. Press, 1985. P. 17–86.

Caron M. La spéciation chez les Foraminifères planctiques: une réponse adaptée aux contraintes de l'environnement // Zitteliana. 1983. Vol. 10. P. 671–676.

Caron M., Homewood P. Evolution of early planktic foraminifers // Marine Micropaleontol. 1983. N 7. P. 453–462.

Gale A.S., Kennedy W.J., Burnett J.A. et al. The Late Albian to Early Cenomanian succession at Mont Risou near

Заключение. На примере границ альба и сеномана, сеномана и турона видно, как изменение качественного и количественного состава комплексов планктонных фораминифер группы глоботрунканид, а также морфологические изменения раковин помогают детализировать расчленение разрезов. Сочетание биособытий с данными хемотратиграфии позволяет «привязать» определенные эволюционные уровни к датировкам абсолютного возраста вмещающих отложений, что значительно повышает корреляционный потенциал стратиграфических построений.

Rosans (Drome, SE France): an integrated study (ammonites, inoceramids, planktonic foraminifers, nannofossils, oxygen and carbon isotopes) // Cret. Res. 1996. Vol. 17, N 5. P. 515–606.

Gorbachik T.N., Kopyevich L.F. Biotic events of Planktonic Foraminifer evolution at the Early-Late Cretaceous boundary // EMMM congress. Austria, 2002. P. 23–25.

Hardenbol J., Thierry J., Farley M.B. et al. Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins // SEPM (Soc. Sedim. Geol.). Spec. Publ. 1998. N 60. Ch. 1.4.

Keller G., Pardo A. Biostratigraphy and palaeoenvironments of the Cenomanian-Turonian stratotype section at Pueblo, Colorado // Marine Micropaleontol. 2004. Vol. 51. P. 95–128.

Petritz M.R. Palaeoceanographic and paleoclimatic inferences from Late Cretaceous planktonic foraminiferal assemblages from the Exmouth Plateau (ODP Sites 762 and 763, eastern Indian Ocean) // Ibid. 2002. Vol. 45. P. 117–150.

Robaszynski F., Caron M. Foraminifères planctoniques du Crétacé: commentaire de la zonation Europe-Méditerranée // Bull. Soc. Geol. France. 1995. T. 166, N 6. P. 681–692.

Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,
кафедра региональной геологии и истории Земли, доцент,
e-mail: lkopaev@geol.msu.ru; lfkopyevich@mail.ru

Поступила в редакцию
06.06.2008