

О ЗНАЧЕНИИ РАДИОЛЯРИЙ В СТРАТИГРАФИИ КАРБОНА

М. С. Афанасьева¹, Э. О. Амон²

¹ Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва, e-mail: mafan@paleo.ru

² Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН, Екатеринбург, e-mail: amon@igg.uran.ru

THE ROLE OF RADIOLARIANS IN CARBONIFEROUS STRATIGRAPHY

M. S. Afanasieva¹, E. O. Amon²

¹ Borissiak Paleontological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, e-mail: mafan@paleo.ru

² Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Urals Division, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia, e-mail: amon@igg.uran.ru

The biostratigraphic potential of Carboniferous radiolarians is analyzed. The Carboniferous radiolarian biostratigraphic associations in the Peri-Caspian Region are similar to those in the Southern Urals. New biostratigraphic regional radiolarian beds are established. These include beds with *Entactinia* – *Pseudoalbaillella* (Upper Moscovian), beds with *Haplodiakanthus* – *Albaillella* (Upper Kasimovian), beds with *Astroentactinia* aff. *multispinosa* (Upper Viséan – Early Serpukhovian) in the Southern Urals, and beds with *Entactinia ormistoni* (Upper Tournaisian) in Northern Peri-Caspian Region. It is shown that the adaptive radiation of Carboniferous radiolarians was connected with changes in the ecology and environment in the basins.

Первая попытка дать зональную биостратиграфию по радиоляриям была предпринята Б.К. Холдсвортом и Д.Л. Джонсом [Holdsworth, Jones, 1980] для верхнего девона – перми бассейна р. Юкон Восточной Аляски. На основании закономерностей эволюционного развития *Albaillellidae* ими было выделено несколько комплексов радиолярий (табл. 1) и приведена очень краткая характеристика каждого из них.

Единая радиоляриевая биостратиграфическая шкала палеозоя была разработана Б.Б. Назаровым [Назаров, 1984, 1988] на основе детального анализа временного и пространственного распространения всех известных в то время представителей палеозойских радиолярий и позднее дополнена совместными исследованиями Б.Б. Назарова и А.Р. Ормистона [Назаров, Ормистон, 1990; Nazarov, Ormiston, 1993]. Согласно этой схеме каменноугольная система охарактеризована пятью комплексами радиолярий: *Albaillella paradoxa*, *Albaillella cartalla* для нижнего карбона, *Polyentactinia nyatvica* для среднего карбона и *Tormentum pervagatum*, *Tormentum protei* для верхнего карбона (табл. 1).

В конце XX века на базе радиоляриевых шкал Холдсворта – Джонсона [Holdsworth, Jones, 1980a, b] и Назарова – Ормистона [Назаров, 1984, 1988; Назаров, Ормистон, 1990; Nazarov, Ormiston, 1993] было разработано несколько региональных радиоляриевых шкал, скоррелированных с зонами по фораминиферам (фузулинидам) и конодонтам (табл. 1). При анализе американских и западноевропейских радиоляриевых зональных шкал привлекает внимание то обстоятельство, что они основаны на филетических трендах в развитии одного рода *Albaillella*, фиксирующих переломные моменты в истории группы. Этот биостратиграфический прием, столь эффективно использованный в радиоляриевой стратиграфии кайнозоя, в радиоляриевой стратиграфии палеозоя в целом применяется редко и для весьма ограниченных временных интервалов.

Комплекс с *Albaillella paradoxa* распространен в позднем турне – раннем визе (табл. 1): в фосфатных конкрециях гор Монтань-Нуар Южной Франции, в кремнисто-сланцевых толщах формации Балталимани Турции, в Северной Америке в нижней толще сикаморских известняков Оклахомы, в формации Форд Лейк на Аляске и Фиш-Крик Рейндж Невады, в шарфтенбергских сланцах Рейн-

ских сланцевых гор Германии, в фосфатных конкрециях пачки Нодулар Бед провинции Бекар на западе Алжирской Сахары, в офиолитовой формации Чарской зоны Казахстана, в кремнистых сланцах Ошских гор Средней Азии и в кремнистых отложениях Понтонейских гор Корякского нагорья. Позднее для территорий США Ормистон предложил рассматривать эту зону как комплекс с *Latentifistula impella* – *Albaillella cartalla* в расширенном временном диапазоне: средний турне – средний визе [Nazarov, Ormiston, 1993].

Комплекс с *Albaillella cartalla* (табл. 1) установлен в верхней толще сикаморских известняков Оклахомы Северной Америки, возраст которых по конодонтам определяется как нижний честер – средний морроу (поздний визе – ранний серпухов). Радиолярии, характерные для комплекса с *Albaillella cartalla*, встречаются также в гониатитовых фациях позднего визе Ирландии [Назаров, Ормистон, 1990; Nazarov, Ormiston, 1993].

Комплекс с *Polyentactinia nyatvica* (табл. 1) известен на северо-востоке России, в Приколымье, в отложениях, относимых по аммоноидеям к московскому ярусу среднего карбона. Комплекс радиолярий с *Polyentactinia nyatvica* распространен весьма ограниченно и пока не известен в других регионах [Назаров, 1988; Назаров, Ормистон, 1990].

Комплекс с *Pseudoalbaillella nodosa* (табл. 1) был впервые описан из отложений Японии, по возрасту сопоставляемых с московским ярусом, и прослежен в Северной Америке в отложениях атокана и демойна [Nazarov, Ormiston, 1993].

Комплексы радиолярий с *Tormentum pervagatum* и *Tormentum protei* (табл. 1) впервые были выделены и описаны из верхнекаменноугольных отложений на западном склоне Южного Урала и в Оренбургско-Актюбинском Предуралье [Назаров, 1988; Исакова, Назаров, 1986; Nazarov, Ormiston, 1985, 1993]. Комплекс с *Tormentum pervagatum* установлен в типовом разрезе у пос. Никольский и распространен в нижней части зоны *Daixina sokensis* гжельского яруса. Комплекс с *Tormentum protei* установлен в ряде разрезов на Южном Урале (по рекам Айдаралаш, Ускалык, Малая Сюрень) и характерен для верхней части гжельского яруса (верхи зоны *Daixina sokensis*). Распространение зон *Tormentum pervagatum* и *Tormentum protei* прослежено в более северных районах Южного Предуралья и в Башкирии [Амон, 1999, 2000]. Но до сих пор нет достоверных данных о находках подобных зональных комплексов радиолярий в других регионах Земли. Вместе с тем Ормистон предполагал, что аналоги зон могут быть прослежены в Северной Америке и в Японии в отложениях вирджила, однако убедительных свидетельств тому не проводится [Nazarov, Ormiston, 1993].

Комплексы радиолярий нижнего – среднего карбона Прикаспийской впадины. Анализ распределения различных представителей радиолярий по разрезу верхнего палеозоя массива Карачаганак и по семи площадям северного, восточного и южного бортов Прикаспийской впадины позволил выделить пять характерных комплексов радиолярий ранне-среднекаменноугольного возраста [Афанасьева, 1987, 2000; Афанасьева и др., 2002]: *Entactiniidae* gen. et sp. indet., *Caspiazza* spp. – *Tormentum ruestae*, *Caspiazza* spp. – *Astroentactinia paronae*, *Caspiazza calva* – *Caspiazza aculeata*, *Caspiazza* spp. – *Bientactinosphaera aenigma* (табл. 1).

Новые комплексы радиолярий нижнего – среднего карбона

Радиолярии касимовского возраста впервые обнаружены в опорном разрезе Усолка Южного Урала [Афанасьева, Амон, 2002; Афанасьева и др., 2002]. Данный интервал разреза охарактеризован фораминиферами зоны *Triticites arcticus* (верхняя часть касимовского яруса). Установленный комплекс радиолярий включает только своеобразных представителей альбайлеллярий удовлетворительной сохранности (*Haplodiacanthus* cf. *circinatus*, *Albaillella* cf. *protractosegmentata*, *Parafollicucullus* cf. *fusiformis*) и может рассматриваться как слои с *Haplodiacanthus* – *Albaillella* (табл. 1).

Радиолярии позднемосковского возраста впервые встречены в разрезе ташлинской свиты у д. Солонцы на р. Аскын в Бельской впадине Башкирии [Афанасьева, Амон, 2002; Афанасьева и др., 2002]. Радиолярии сильно перекристаллизованы и могут быть определены только до родового уровня. Подавляющее количество радиолярий имеет сферическую форму и, возможно, относится к *Bientactinosphaera* и *Entactinia*. Многочисленны иглистые *Palacantholithus*, последние представители которых были известны раньше только из раннего карбона. Часто встречаются ставраксонные

Схема сопоставления комплексов радиолярий карбона

Russia		Europe, Asia, America				Afanasyeva, 1987, 2000 Precaspian Basin; Amon, 2009* Southern Urals; Afanasyeva, Kononova, 2009** Orenburg Region of Southern Fore-Urals	Germany, Rhenish Slate Mountains			
Period	Epoch	Stage	Substage				Won, 1983, 1991, 1998*	Braun, 1990		
Carboniferous	Late	Gzhelian		Tormentum protei	Tormentum protei	Tormentum protei	Tormentum protei			
				Tormentum pervagatum	Tormentum pervagatum	Tormentum pervagatum	Tormentum pervagatum			
		Kasimovian						Haplodiacanthus – Albaillella*		
								Entactinia* – Pseudoalbaillella		
		Middle	Moscovian		Polyentactinia nyatvica	Polyentactinia nyatvica	Pseudoalbaillella nodosa			
									Caspiaza spp. – Bientactinosphaera acnigma	
	Early	Serpukhovian	Late					Caspiaza calva – Caspiaza aculeata.	Albaillella nazarovi	
								Caspiaza spp. – Astroentactinia paronae		
			Early					Astroentactinia aff. multispinosa*	Albaillella tokensis	
		Vissean	Late		Albaillella cartalla	Albaillella cartalla	Albaillella pennata	Albaillella pennata	Caspiaza spp. – Tormentum ruestae	Albaillella spinosa
										Albaillella cartalla
			Early						Albaillella riescheidensis	^{up}
	Toumasian	Late		Albaillella paradoxa	Albaillella paradoxa	Latentifistula impella – Albaillella cartalla	Latentifistula impella – Albaillella cartalla	Albaillella indensis – Sphaerodiscus rota	Albaillella indensis _{low}	
								Albaillella perforata		
		Early					Albaillella deflandrei*	Albaillella deflandrei		
							Albaillella pseudoparadoxa			
							Albaillella paradoxa	Albaillella paradoxa		
							Entactinia ormistoni**			
						Entactiniidae gen. et sp. indet.				

Таблица 1 (окончание)

Schwartzapfel, Holdsworth, 1996 Oklahoma	Gheng, 1986 Arkansas, Oklahoma	Holdsworth, Murchey, 1985 Alaska	Holdsworth, Jones, Alaska, Nevada		USA		
			1980b	1980a	Stage	Epoch	Period
		Pseudoalbaillella	Ps	Pseudoalbaillella	Virgilian	Pennsylvanian	
					Missourian		
					Desmoinesian		
					Atokan		
						Morrowan	
		P-8	Albaillella-3A	Ab-5	Albaillella-3A	Chesterian	
		P-7					
		P-6					
	Trilacertus baumgartneri	P-5					
	Conum spp.						
	Ormistonella hickoryensis	P-4					
	Albaillella furcata						
	Albaillella cartalla			Ab-4B	Pre-Albaillella pennata-2A	Meramekian	
		Ab-4A	Pre-Albaillella pennata-1A				
	P-3	Pre-Albaillella pennata-2A	Ab-3	Albaillella-2A	Osagean		
		Pre-Albaillella pennata-1A	Ab-2C				
			Ab-2B				
Pseudoalbaillella media			Ab-2A		Kinderhookian		
	P-2		Ab-1	Albaillella-1A			

Tormentum и *Latentifistula*; отмечены единичные *Parafollicucullus* и *Pseudoalbaillella*. Вместе с тем, обилие *Entactinia* и, главное, присутствие первых *Pseudoalbaillella* позволило установить слои с *Entactinia* – *Pseudoalbaillella* (табл. 1).

Радиолярии поздневизейско-раннесерпуховского возраста впервые обнаружены на восточном склоне Южного Урала в опорном разрезе Верхняя Кардаиловка [Амон, настоящий сборник]. В состав комплекса входят *Astroentactinia* sp., *A. aff. multispinosa*, *A. aff. mendosa*, *A. aff. paronae*, *Cubaxonium?* *aff. octaedrospingiosum*, *Tetragregnon aff. sycamorensis*, *Pylentonema aff. antiqua*. Интервал распространения нового комплекса радиолярий охватывает конодонтовые зоны *Lochriea mononodosa* – *L. nodosa* – *L. ziegleri* – *L. cruciformis*, что соответствует веневскому горизонту визе и низам косогорского горизонта серпуховского яруса. Соответственно, интервал разреза, в котором установлена данная ассоциация радиолярий, можно обозначить как слои с *Astroentactinia aff. multispinosa* (табл. 1). Комплекс с *Astroentactinia aff. multispinosa* занимает пограничное положение между визейским и серпуховским ярусами; он несколько моложе прикаспийского комплекса с *Caspiaza* spp. – *Tormentum guestae* и несколько древнее комплекса с *Caspiaza* spp. – *Astroentactinia paronae* (табл. 1).

Радиолярии верхнего турне впервые встречены в Оренбургском Предуралье [Афанасьева, Кононова, настоящий сборник]. Новый комплекс объединяет преимущественно сферические формы: *Belowea tenuistesta*, *Bientactinosphaera liquidambarfructa*, *B. altasuleata*, *Entactinia ormistoni*, *E. vulgaris*, *E. inaequoporosa*, *E. rostriformis*, и только один иглистый вид *Palacantholithus stellatus*, что позволяет установить слои с *Entactinia ormistoni* (табл. 1).

Комплексы радиолярий нижнего – среднего карбона Прикаспия, Оренбургского Предуралья и Южного Урала отличаются массовым развитием в турне однообразных сферических радиолярий, широким распространением в визейских – нижнебашкирских отложениях радиолярий с пиломом рода *Caspiaza* и полным отсутствием представителей отряда *Albaillellata*. Только в пограничных отложениях среднего – верхнего карбона впервые на данной территории отмечены единичные *Parafollicucullus* и *Pseudoalbaillella* позднемосковского возраста и комплекс своеобразных *Haplodiacanthus*, *Albaillella* и *Parafollicucullus* позднекасимовского возраста. Таким образом, адаптивная радиация радиолярий карбона отражает экологические изменения среды, которые происходили синхронно с изменением древних бассейнов.

Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН «Происхождение биосферы и эволюция геобиологических систем» и РФФИ, проект № 07-04-00649 «Формирование морфологического многообразия и эволюция радиолярий».

Литература

- Афанасьева М.С., Амон Э.О., Чувашов Б.И. Радиолярии в биостратиграфии и палеогеографии карбона Прикаспия и Южного Предуралья // Литосфера. 2002. № 4. С. 22–62.
- Назаров Б.Б. Радиолярии палеозоя. Практическое руководство по микрофауне СССР. Т. 2. Л.: Недра, 1988. 232 с.
- Назаров Б.Б., Ормистон А.Р. Биостратиграфический потенциал радиолярий палеозоя // Радиолярии в биостратиграфии. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. С. 3–25.
- Nazarov B.B., Ormiston A.R. New biostratigraphically important Paleozoic Radiolaria of Eurasia and North America // Radiolaria of giant and subgiant fields in Asia. New York: Micropaleontology Press, 1993. Special publ. N 6. P. 22–60.