

УДК 563.141:551.735(470.42+470.57)

НОВЫЕ ВИДЫ РАДИОЛЯРИЙ ИЗ НИЖНЕГО КАРБОНА ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО БАСЕЙНА И ВЕРХНЕГО КАРБОНА ЮЖНОГО УРАЛА, РОССИЯ

© 2023 г. М. С. Афанасьева*

Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва, 117647 Россия

*e-mail: afanasieva@paleo.ru

Поступила в редакцию 17.01.2023 г.

После доработки 26.01.2023 г.

Принята к публикации 26.01.2023 г.

Проведена ревизия и уточнен диагноз рода *Triaenosphaera* Deflandre, 1973, revisio et emend. nov. Описано четыре новых вида радиолярий: *Entactinia zaitsevae* sp. nov., *Triaenosphaera fortunatovae* sp. nov., *T. spiroacus* sp. nov. и *Spongentactinia oraia* sp. nov., из нижнего турне (нижний карбон) Волго-Уральского бассейна и верхнекасимовских (верхний карбон) отложений Южного Урала, Россия.

Ключевые слова: Radiolaria, новые виды, нижнетурнейский и верхнекасимовский подъярусы, карбон, Волго-Уральский бассейн, Южный Урал, Россия

DOI: 10.31857/S0031031X23040025, EDN: OGSSDW

ВВЕДЕНИЕ

Богатый таксономический состав и прекрасная сохранность радиолярий из нижнего турне (нижний карбон) скв. Мелекесская-1 Волго-Уральского бассейна и верхнекасимовских (верхний карбон) отложений разреза Усолка на Южном Урале позволили установить четыре новых вида радиолярий.

Стратотип золотоозёрская свиты нижнего турне установлен в скв. Мелекесская-1 (инт. 1899.0–1872.0 м) Волго-Уральского бассейна России (рис. 1). Свита согласно залегает на органогенно-обломочных известняках фаменского яруса и представлена переслаиванием темно-серых, почти черных высокоуглеродистых карбонатно-кремнистых пород, детритовых известняков, доломитов и голубовато-серых глин. В разрезе свиты выделено четыре слоя. Мощность свиты в стратотипе 27 м (Фортунатова и др., 2023).

Нижняя граница свиты подтверждена палеонтологическими данными: в инт. 1898.5–1897.78 м (слой 1) обнаружен комплекс конодонтов, содержащий *Siphonodella sulcata* Huddle, 1934, *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl, 1934), *Ligonodina* sp., *Mehlina strigosus* (Branson et Mehl, 1934), *Neopolygnathus communis* (Branson et Mehl, 1934), *Polygnathus purus purus* Voges, 1959, *P. purus subplanus* Voges, 1959 и *Pseudopolygnathus aff. dentilin-*

eatus (Branson, 1934), характеризующих зону *Siphonodella sulcata* (Фортунатова и др., 2023).

Радиолярии прекрасной сохранности представлены 25 видами из 12 родов (рис. 2). Они встречаются в слоях 2 и 3 золотоозёрская свиты (Фортунатова и др., 2023).

Слой 2 (инт. 1898.0–1890.8 м). В основании — прослой глин мощностью 1.5 м. Выше — неравномерное тонкое и мелкое чередование черных высокоуглеродистых глинисто-кремнисто-карбонатных и карбонатно-кремнистых сланцеватых пород, темно-серых углеродистых известняков и доломитов, темно-серых углеродистых глин и мергелей. Мощность слоя 7.2 м.

Слой 3 (инт. 1890.8–1881.7 м). Известняки серые и темно-серые, слабобитуминозные, кремнистые, шламово-микрозернистые, перекристаллизованные. В верхней части слоя известняки и доломиты. Мощность 9.1 м.

Исследование радиолярий из нижнетурнейских отложений скв. Мелекесская-1 позволило установить две сменяющие друг друга экозоны радиолярий: нижняя экозона *Provisocyntra kononovae*, отвечающая конодонтовой зоне *Siphonodella duplicata*, и верхняя экозона *Spongentactinia oraia*, соответствующая конодонтовой зоне *Siphonodella belkai* (Афанасьева, Кононова, 2021; Фортунатова и др., 2023).



Рис. 1. Местонахождение каменноугольных радиоларий: I — скв. Мелекесская-1, Волго-Уральский бассейн, нижний карбон, нижнетурнейский подъярус, золотоозёрская свита (Фортунатова и др., 2023); II — разрез Усолка, Южный Урал, верхний карбон, верхнекасимовский подъярус (Сунгатуллина и др., 2019).

Среди исследованных раннетурнейских радиоларий десять видов до настоящего времени не были известны науке; шесть из них были описаны в статьях, посвященных новым таксонам радиоларий: *Nestelliana grassiclata* и *N. glomerata* (Афанасьева, 2022a); *Provisocyntra grandis*, *P. kononovae*, *P. magniporosa* и *P. valminazae* (Афанасьева, 2022b).

Стратотип разреза Усолка расположен на Южном Урале в Гафурийском р-не Республики Башкортостан (рис. 1). Разрез сложен терригенно-карбонатными породами в стратиграфическом диапазоне от московского яруса среднего карбона до сакмарского яруса нижней перми (включительно), не имеет перерывов в осадконакоплении и содержит туфовые прослои с цирконами, по ко-

торым установлен абсолютный возраст отложений (Сунгатуллина и др., 2019).

В верхней части касимовского яруса (верхний карбон) разреза Усолка впервые обнаружен комплекс радиоларий, содержащий 11 видов из 10 родов: *Astroentactinia luxuria* Nazarov et Ormiston, 1985, *Apophysiacus sakmaraensis* (Kozur et Mostler, 1989), *A. pycnoclada* (Nazarov et Ormiston, 1985), *Entactinia zaitsevae* sp. nov., *Bientactinosphaera inusitata* (Foreman, 1963), *Copicyntra acilaxa* Nazarov in Isakova et Nazarov, 1986, *C. fragilispinosa* Kozur et Mostler, 1989, *Latentifistula neotenica* Nazarov et Ormiston, 1985, *Somphoentactinia saecularis* Afnasieva et Amon, 2016, *Tetragregnon pyramidatum* Nazarov in Isakova et Nazarov, 1986, *Triactofenestrella nicolica* Nazarov et Ormiston, 1984. Особенности таксономического состава ком-

Система	Каменноугольная					
Отдел	Нижний (Миссисипий)					
Ярус	Турнейский					
Подъярус	Нижний					
Свита	Золотоозёрская					
Зоны конодонтов	Siphonodella duplicata				Siphonodella belkai	
Экозоны радиоларий	Provisocyntra kononovae				Spongentactinia oraia	
Слой	Слой 2	Слой 3				
Интервал, м	1893.92–1893.3	1888.25–1887.5	1883.7–1883.2	1883.2–1881.7		
Образец	6989	6956	6928	6925	6916	6914
Радиоларии						
Entactinia vulgaris Won, 1983						
Ceratoikiscum cf. araneosum Afanasieva, 2000						
Duodecimentactinia cf. ampla Won, 1997						
Provisocyntra kononovae Afanasieva, 2022						
Radiobisphaera cf. nazaroviana Won, 1997						
Radiobisphaera sp. F						
Spongentactinia cf. diplostraca (Foreman, 1963)						
Triaenosphaera sicarius Deflandre, 1973						
Entactinia zaitsevae Afanasieva, sp. nov.						
Provisocyntra cassicula Nazarov et Ormiston, 1987						
Triaenosphaera fortunatovae Afanasieva, sp. nov.						
Triaenosphaera spiroacus Afanasieva, sp. nov.						
Entactinia mariannae Afanasieva et Amon, 2017						
Provisocyntra magniporosa Afanasieva, 2022						
Provisocyntra valminazae Afanasieva, 2022						
Provisocyntra grandis Afanasieva, 2022						
Borisella cf. bykovae Afanasieva, 2000						
Duplexia cf. foremanae (Ormiston et Lane, 1976)						
Adamasirad cathedrarius Afanasieva, 2000						
Nestelliana grassiclatrata Afanasieva, 2022						
Nestelliana glomerosa Afanasieva, 2022						
Spinoalius melekessensis Afanasieva, 2019						
Spongentactinia altasulcata (Won, 1983)						
Spongentactinia oraia Afanasieva, sp. nov.						
Entactinia parapycnoclada Nazarov et Ormiston, 1985						

Рис. 2. Распространение радиоларий в нижнетурнейских отложениях золотоозёрской свиты скв. Мелекесская-1. Цветом выделены интервалы распространения радиоларий в двух экозонах радиоларий (Афанасьева, Кононова, 2021; Фортунатова и др., 2023).

плекса радиоларий позволили установить экозону радиоларий *Astroentactinia luxuria*–*Triastofenestrella nicolica*, отвечающую зоне конодонтов *Streptognathodus firmus* (Сунгатуллина и др., 2019). Среди позднекасимовских радиоларий установлен новый вид *Entactinia zaitsevae* sp. nov.

Настоящая статья посвящена описанию четырех новых видов радиоларий. Три вида из золотоозёрской свиты нижнетурнейского подъяруса скв. Мелекесская-1, Волго-Уральский бассейн: *Triaenosphaera fortunatovae* sp. nov., *T. spiroacus* sp. nov. и *Spongentactinia oraia* sp. nov. Новый вид *Entactinia zaitsevae* sp. nov. из нижнетурнейских отложений (нижний карбон) скв. Мелекесская-1 Волго-Уральского бассейна и отложений верхнекасимовского подъяруса (верхний карбон), разрез Усолка, Южный Урал.

ОПИСАНИЕ ТАКСОНОВ Т И П RADIOLARIA НАД К Л А С С POLYCYSTINA К Л А С С SPHAERELLARIA О Т Р Я Д ENTACTINIATA

СЕМЕЙСТВО ENTACTINIIDAE RIEDEL, 1967

ПОДСЕМЕЙСТВО ENTACTINIINAE RIEDEL, 1967

Род *Entactinia* Foreman, 1963

Entactinia zaitsevae Afanasieva, sp. nov.

Табл. I, фиг. 1–11 (см. вклейку)

Entactinia tortispina (Ormiston et Lane, 1976): Braun, 1990a (part.), табл. 8, фиг. 4, 5 (non фиг. 1–3, 6); Won, 1998, табл. 7, фиг. 14.

Entactinia sp.: Сунгатуллина и др., 2019, рис. 6, фиг. 8.

Размеры в мкм	Абсолютные							Относительные						
	D	dp	wp	tw	L	wL	h	D/tw	D/dp	D/h	L/D	L/wL	dp/tw	dp/wp
Очень большие, очень длинные и т.д.	500.0–180.1	40.0–25.1	10.0–4.1	12.0–7.1	750.0–250.1	60.0–50.1	25.0–15.1	1.0–20.0	4.0–10.0	3.0–20.0	10.0–2.1	0.5–4.0	9.5–4.5	0.1–1.5
Большие длинные и т.д.	180.0–130.1	25.0–15.1	4.0–3.1	7.0–4.1	250.0–153.1	50.0–25.1	15.0–10.1	20.1–30.0	10.1–30.0	20.1–36.0	2.0–0.5	4.1–6.0	4.4–1.1	1.6–4.0
Маленькие, короткие и т.д.	130.0–88.1	15.0–6.1	3.0–2.1	4.0–2.1	153.0–52.1	25.0–15.1	10.0–5.1	30.1–100.0	30.1–63.0	36.1–60.0	0.4–0.1	6.1–13.0	1.0–0.9	4.1–6.0
Очень маленькие, очень короткие и т.д.	88.0–20.0	6.0–1.0	2.0–1.0	2.0–1.0	52.0–15.0	15.0–4.5	5.0–1.0	100.1–150.0	63.1–105.0	60.1–100.0	<0.1	13.1–25.0	0.8–0.1	6.1–12.0

Рис. 3. Основные абсолютные и относительные морфометрические параметры скелетов сферических радиолярий палеозоя (Афанасьева, 2000; Afanasieva et al., 2005; Афанасьева, Амон, 2006): D – диаметр внешней сферы, dp – диаметр пор внешней оболочки, wp – ширина межпоровой перегородки внешней оболочки, tw – толщина стенки внешней оболочки (tw – ширина прутьев ячеек внешней оболочки), L – длина основных игл, wL – ширина основания основных игл, h – высота шипов.

Название вида – в честь палеонтолога и стратиграфа Е.Л. Зайцевой.

Голотип – ПИН, № 6916/05; Россия, Волго-Уральский бассейн, скв. Мелекесская-1, инт. 1883.2–1881.7, обр. 6916; нижний карбон, нижнетурнейский подъярус, золотоозёрская свита; зона конодонтов *Siphonodella belkai*, экзона радиолярий *Spongactinia oraia*.

Описание. Раковина сферическая, большая¹ (D = 124–160 мкм), с одной сферической толстостенной (D/tw = 14.5–18.6) пористой оболочкой и шестью длинными (L/D = 1.3–1.9), относительно тонкими (L/wL = 7.2–11.5) трехлопастными основными иглами с -образным поперечным сечением. Наблюдаемые фрагменты внутреннего каркаса (табл. 1, фиг. 2, 4, 7) позволяют говорить о первичном формировании 6-лучевой спикеры со срединной балкой (3–5 мкм). При этом иногда в развитии луча спикеры отмечается достаточно резкий поворот (угол 20°) в сторону основания основной иглы (табл. 1, фиг. 4б). Поры округлые, крупные (D/dp = 11.4–11.8), преимущественно одного размера (11–14 мкм). Поровые каналы узкие (dp/tw = 1.3–1.6). Межпоровые перегородки округлые, широкие (dp/wp = 2.2–2.8). На узлах межпоровых перегородок развиты высокие и очень высокие (D/h = 5.7–26.7) конические шипики разной величины, от 5 до 28 мкм.

¹ Морфометрический анализ абсолютных и относительных значений параметров раковин радиолярий палеозоя показал устойчивую статистическую закономерность изменения размеров скелета, его частей и их соотношений (Афанасьева, 2000; Afanasieva et al., 2005; Афанасьева, Амон, 2006). Наличие таких стабильных зависимостей позволяет формализовать процесс классификации данных и оперировать при описании видов понятиями “очень большой”, “большой”, “маленький” и “очень маленький”, которым отвечают определенные ранжированные количественные величины (рис. 3).

Размеры в мкм:

Абсолютные:

Экз. №	D	dp	wp	tw	L	wL	h
6916/05 (голотип)	130	11	5	7	165	23	6
353-158/2	160	14	6	11	311	27	6–28
353-158/5	124	11	4	7	196	21	5–17

Относительные:

Экз. №	D/tw	D/dp	D/h	L/D	L/wL	dp/tw	dp/wp
6916/05 (голотип)	18.6	11.8	26.7	1.3	7.2	1.6	2.2
353-158/2	14.5	11.4	5.7–26.7	1.9	11.5	1.3	2.3
353-158/5	17.7	11.4	7.3–24.8	1.6	9.3	1.6	2.8

Сравнение. Новый вид отличается:

(1) от *E. tortispina* в интерпретации А.Р. Ормистона и Х.Р. Лейна (Ormiston, Lane, 1976, с. 166–167, табл. 2, фиг. 1–5) и А. Брауна (Braun, 1990a, с. 108–109, табл. 8, фиг. 1–3, 6; 1990b, табл. 1, фиг. 5): формированием округлых пор преимущественно одного размера (11–14 мкм) и прямыми основными игл, в противоположность образованию у *E. tortispina* пор неправильной многоугольной формы разного размера (от 9 до 17 мкм) и закручивания некоторых основных игл в основании вдоль оси на четверть оборота;

(2) от *E. tortispina* в интерпретации М.-З. Вон (Won, 1983, с. 143–144, табл. 4, фиг. 18–20): меньшей максимальной длиной сохранившихся основных игл (311 мкм против 870 мкм у *E. tortispina*) и меньшим максимальным диаметром пор (11–14 мкм против 50 мкм у *E. tortispina*);

(3) от *E. mariannae* Afanasieva et Amon, 2017 (Афанасьева, Амон, 2017, с. 16–17, рис. 4): формированием почти в два раза более длинных основ-

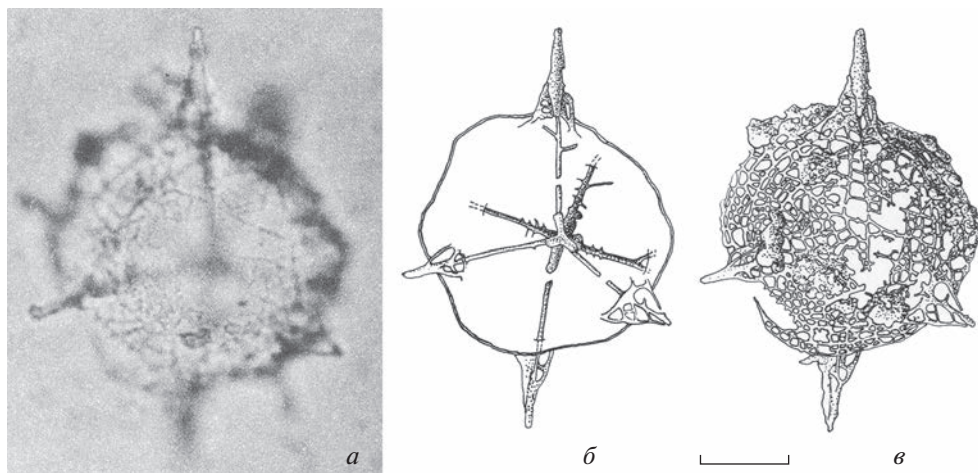


Рис. 4. *Polyentactinia craticulata* Foreman, 1963: а–в — восстановлено из Foreman, 1963, экз. USNM 640452, штрих = 50 мкм: а — общий вид в препарате (Foreman, 1963, табл. 5, фиг. 3а); б — реконструкция 8-лучевой спикулы (Ibid., табл. 9, фиг. 5а); в — реконструкция общего вида (Ibid., табл. 9, фиг. 5б).

ных игл (165–311 мкм против 104–161 мкм у *E. mariannae*).

З а м е ч а н и я. Вид *Entactinia tortispina* впервые был установлен и описан Ормистоном и Лейном (Ormiston, Lane, 1976) в составе рода *Polyentactinia*. В то же время эти исследователи отметили, что новый вид *P. tortispina* отличается от типового вида *P. craticulata* Foreman, 1963 (Foreman, 1963, с. 281, табл. 5, фиг. 3а–б; табл. 9, фиг. 5а–б) формированием трехлопастных, а не стержневидных основных игл, и меньшим размером пор. Однако, остается непонятным, почему Ормистон и Лейн рассматривали новый вид *P. tortispina* в составе рода *Polyentactinia*, поскольку морфотип *P. tortispina* не имеет ничего общего с морфотипом *P. craticulata*, который характеризуется формированием крупноячеистой сетчатой оболочки, коротких конических основных игл ($L = 30–80$ мкм) и семи- или восьмилучевой спикулы (рис. 4).

В 1983 г. Вон (Won, 1983) правильно отметила, что неправильные многоугольные поры *Polyentactinia tortispina* Ormiston et Lane, 1976 нельзя сравнивать с “угловатой сеткой” [“angular meshes”] у представителей рода *Polyentactinia* Foreman, 1963, и поэтому она рассматривает *P. tortispina* в составе рода *Entactinia*. К сожалению, Вон не отметила разницу в строении спикулы и основных игл у *E. tortispina* и *Polyentactinia craticulata*. Вместе с тем, экземпляр *Entactinia tortispina*, описанный Вон в 1998 году (Won, 1998, с. 238, табл. 7, фиг. 14) по всем морфологическим характеристикам удивительно похож на морфотип нового вида *E. zaitsevae* sp. nov. и рассматривается в настоящей работе в его составе.

В 1990 г. Браун (Braun, 1990a, b) поддержал мнение Вон (Won, 1983) о переносе вида *Poly-*

entactinia tortispina в состав рода *Entactinia*. Однако, некоторые экземпляры *E. tortispina* из коллекции Брауна (Braun, 1990a, табл. 8, фиг. 4, 5) характеризуются формированием округлых пор и рассматриваются в настоящей работе в составе нового вида *E. zaitsevae* sp. nov.

М а т е р и а л. 14 экз.: (1) один экз. из типового местонахождения; (2) 11 экз. из золотоозёрской свиты нижнетурнейского подъяруса (нижний карбон); зона конодонтов *Siphonodella duplicata*, экзона радиолярий *Provisocyntra kononovae*; скв. Мелекесская-1, инт. 1888.25–1887.5, обр. 6956, Волго-Уральский бассейн; (3) два экз. из отложенного верхнекасимовского подъяруса (верхний карбон), зона конодонтов *Streptognathodus firmus*, экзона радиолярий *Astroentactinia luxuria*–*Triactofenestrella nicolica*; разрез Усолка, р. Усолка, Южный Урал.

Под *Triaenosphaera* Deflandre, 1973, revisio et emend. Afanasieva, nov.

Triaenosphaera: Deflandre, 1960, с. 216 (nom. nud.); 1973, с. 1150; Noble et al., 2017, с. 458 (part.).

Т и п о в о й в и д — *Triaenosphaera sicarius* Deflandre, 1973; нижний карбон, визейский ярус; Кабриер, департамент Эро, горы Монтень-Нуар, Франция.

Д и а г н о з (emend. nov.). Сферическая пористая раковина, несущая четыре трехлопастные иглы с $\blacktriangleleft$ -образным поперечным сечением, распределенные по четырем осям тетраэдра (рис. 5).

В и д о в о й с о с т а в. 13 видов: (1) семь видов из турнейского яруса нижнего карбона: *T. fortunatovae* sp. nov., *T. spiroacus* sp. nov., *T. longispina* Sashida in Sashida et al., 2000, *T. minuscula* Braun, 1989, *T. tetraculeata* Park et Won, 2012, *T.?* bareillen-

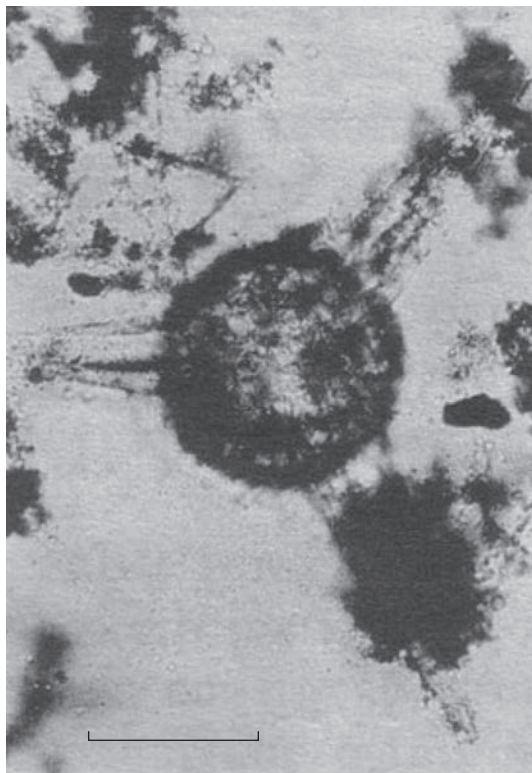


Рис. 5. *Triaenosphaera sicarius* Deflandre, 1973, голотип (восстановлено из Deflandre, 1973, табл. 2, фиг. 3, штрих = 100 мкм).

sis Gourmelon, 1986, *T. ? leherisseyi* Gourmelon, 1987; (2) два вида из визейского яруса нижнего карбона: *T. hebes* Won, 1983, *T. sicarius* Deflandre, 1973; (3) один вид в открытой номенклатуре из верхов кептенского яруса средней перми (Maldonado, Noble, 2010); (4) три вида из чансинского яруса верхней перми: *T. megacantha* Feng in Feng et al., 2007, *T. variabilis* Feng in Feng et al., 2007 и *T. minutus* Sashida et Tonishi, 1988.

Сравнение. От рода *Entactinia* Foreman, 1963, характеризующегося наличием внутреннего каркаса в виде шестилучевой спикеры и развитием шести основных игл, род *Triaenosphaera* отличается формированием четырехлучевой спикеры, продолжением лучей которой являются четыре основные иглы.

З а м е ч а н и я.

1. Род *Triaenosphaera* первоначально был описан Дж. Дефландром, как сферическая перфорированная раковина, несущая четыре многореберные иглы, распределенных по четырем осям тетраэдра² (рис. 5) (Deflandre, 1973, с. 1150).

В 1997 г. Ю.-Дж. Ванг (Wang, 1997, с. 155) установил и описал новый род *Triaenoentactinosphaera*

Wang, 1997, характеризующийся наличием двух сферических оболочек и четырех трехлопастных основных игл³. При этом Ванг отметил, что род *Triaenoentactinosphaera* отличается от рода *Triaenosphaera* наличием двух оболочек скелета, а от рода *Entactinosphaera* Foreman, 1963 — формированием четырех, а не шести основных игл.

Годом позже Вон (Won, 1998, с. 241–242, табл. 7, фиг. 15) обнаружила внутреннюю сферу, соединенную с внешней оболочкой скелета четырьмя тетраэдрически расположенными лучами, продолжением которых являются четыре основные иглы. На этом основании Вон изменила диагноз рода *Triaenosphaera*, указав на наличие двух сферических оболочек скелета⁴. При этом новые данные (Wang, 1997) и новый род *Triaenoentactinosphaera* Wang, 1997 Вон не учла в своей работе (Won, 1998).

В 2017 г. в Каталоге радиолярий палеозоя П. Нобл с коллегами (Noble et al., 2017, с. 458) сохранили оригинальный диагноз *Triaenosphaera* Deflandre, 1973, но предложили рассматривать этот род в качестве старшего синонима рода *Triaenoentactinosphaera* Wang, 1997, характеризующегося наличием двух сферических оболочек скелета (Wang, 1997). Однако это не совсем корректно, поскольку в диагнозе *Triaenosphaera* указано наличие одной оболочки скелета, а у младшего синонима — рода *Triaenoentactinosphaera*, отмечено наличие двух сферических оболочек.

2. Необходимо восстановить *Triaenoentactinosphaera* Wang, 1997 в статусе валидного, самостоятельного рода. Нельзя объединять в один род морфотипы с одной сферой (*Triaenosphaera*) и с двумя сферами (*Triaenoentactinosphaera*) только на основании наличия четырехлучевой спикеры (продолжением лучей которой являются четыре основные иглы). Это просто внешнее конвергентное сходство двух разных родов из разных подсемейств: *Entactiniinae* Riedel, 1967 (одна сфера) и *Bientactinosphaerinae* Afanasieva, 1999 (две сферы). Так бывает.

3. В настоящее время анализ особенностей строения морфотипа рода *Triaenosphaera* на основании собственных и литературных данных позволяет уточнить диагноз рода и добавить вместо определения “перфорированная раковина, несущая четыре многореберные иглы”, уточненное, расширенное описание основных игл “пористая раковина, несущая четыре трехлопастные иглы с -образным поперечным сечением”.

³ “Two spherical lattice-shells with four three-bladed main spines; medullary shell with four radial beams to join the main spines of outer shell.” (Wang, 1997, с. 155).

⁴ “Emended diagnosis: A two-shelled skeleton with four tetrahedrally arranged spines; a latticed outer shell, and a three-dimensionally meshed delicate inner shell” (Won, 1998, с. 241–242).

² “Coque sphérique perforée munie de quatre cornes multicostulées, disposées selon les axes d’un tétraèdre” (Deflandre, 1973, с. 1150).

***Trienosphaera fortunatovae* Afanasieva, sp. nov.**

Табл. II, фиг. 1–10 (см. вклейку)

Название вида – в честь д-ра Н.К. Фортунатовой.

Голотип – ПИН, № 6916/02; Россия, Волго-Уральский бассейн, скв. Мелекесская-1, инт. 1883.2–1881.7, обр. 6916; нижний карбон, нижнетурнейский подъярус, золотоозёрская свита; зона конодонтов *Siphonodella belkai*, экозона радиолярий *Spongectactinia oraia*.

Описание. Раковина сферическая, маленькая ($D = 102–124$ мкм), с одной сферической толстостенной ($D/tw = 13.5–14.6$) пористой оболочкой и четырьмя длинными ($L/D = 1.7–1.9$), массивными ($L/wL = 6.0–7.5$), трехлопастными основными иглами с -образным поперечным сечением. Основные иглы расположены друг к другу под углом 120° (табл. II, фиг. 2–6), но у некоторых экземпляров углы между иглами равны 90° , 90° и 180° (табл. II, фиг. 7–9). Наблюдаемые фрагменты внутреннего каркаса (табл. II, фиг. 1–3) позволяют говорить о первичном формировании четырехлучевой спикеры. Поры округлые, крупные ($D/dp = 14.6–20.7$), преимущественно одного размера (6–7 мкм). Поровые каналы узкие ($dp/tw = 0.7–1.0$). Межпоровые перегородки округлые, широкие ($dp/wp = 2.0–2.3$). На узлах межпоровых перегородок часто развиты высокие и очень высокие ($D/h = 5.7–26.7$) конические шипики разной величины, от 5 до 15 мкм (табл. II, фиг. 4, 8, 9б).

Размеры в мкм:

Абсолютные:

Экз. №	D	dp	wp	tw	L	wL	h
6916/02 (голотип)	108	6	3	8	179	26	5
6916/06	102	7	3	7	185	31	5
17613	124	6	3	9	234	31	5–15

Относительные:

Экз. №	D/tw	D/dp	D/h	L/D	L/wL	dp/tw	dp/wp
6916/02 (голотип)	13.5	18.0	21.6	1.7	6.9	0.8	2.0
6916/06	14.6	14.6	20.4	1.8	6.0	1.0	2.3
17613	13.8	20.7	8.3–24.8	1.9	7.5	0.7	2.0

Изменчивость. Основные иглы характеризуются практически субпараллельным расположением субпрямоугольных граней на всем протяжении иглы. Однако у некоторых морфотипов иногда наблюдается расширение основания у одной из игл (табл. II, фиг. 6) и формирование субпирамидальной формы основной иглы.

Сравнение. *T. fortunatovae* sp. nov. отличается:

(1) от типового вида рода *T. sicarius* Deflandre, 1973: (а) более маленькой сферой (102–124 мкм против 140–177 мкм у *T. sicarius*), (б) меньшими размерами пор (6–7 мкм против 7–12 мкм у *T. sicarius*), (в) более длинными основными иглами (179–234 мкм против 150–200 мкм у *T. sicarius*), (г) длина основных игл в 1.7–1.9 раз превосходит размер диаметра раковины, тогда как у типового вида длина основных игл практически равна величине диаметра раковины ($L/D = 1.1$);

(2) от *T. megacantha* Feng in Feng et al., 2007: (а) большими размерами раковины (102–124 мкм против 82–100 мкм у *T. megacantha*), (б) более длинными основными иглами (179–234 мкм против максимум 155 мкм у *T. megacantha*).

Материал. 18 экз.: (1) два экз. из типового местонахождения; (2) 16 экз. из золотоозёрской свиты нижнетурнейского подъяруса (нижний карбон); зона конодонтов *Siphonodella duplicata*, экозона радиолярий *Provisocyntra kononovae*; скв. Мелекесская-1, инт. 1888.25–1887.5, обр. 6956.

***Trienosphaera spiroacus* Afanasieva, sp. nov.**

Название вида от *σπείρα* греч. – спираль, и *acus* лат. – игла.

Голотип – ПИН, № 6916/01; Россия, Волго-Уральский бассейн, скв. Мелекесская-1, инт. 1883.2–1881.7, обр. 6916; нижний карбон, нижнетурнейский подъярус, золотоозёрская свита; зона конодонтов *Siphonodella belkai*, экозона радиолярий *Spongectactinia oraia*.

Описание (рис. 6). Раковина сферическая, маленькая ($D = 100–117$ мкм), с одной сферической толстостенной ($D/tw = 14.6–18.3$) пористой оболочкой. Четыре основные иглы длинные ($L/D = 1.3–2.0$), массивные ($L/wL = 4.9–7.3$), трехлопастные с -образным поперечным сечением; они расположены друг к другу под углом 120° (рис. 6, а–г, е). Иглы скручены, с длинной ложбинкой в основании (рис. 6, а, в, г) и практически с параллельными краями граней, т.е., с одинаковой шириной игл почти на всем их протяжении, за исключением базальной и терминальной части. Наблюдаемые фрагменты внутреннего каркаса (рис. 6, б, д) позволяют говорить о первичном формировании четырехлучевой спикеры. Поры округлые, крупные ($D/dp = 11.9–14.6$), преимущественно одного размера (8–9 мкм). Поровые каналы узкие ($dp/tw = 1.0–1.5$). Межпоровые перегородки округлые, узкие ($dp/wp = 4.0–4.5$). На узлах межпоровых перегородок развиты маленькие ($D/h = 20–39$) конические шипики разной величины, от 3 до 5 мкм.

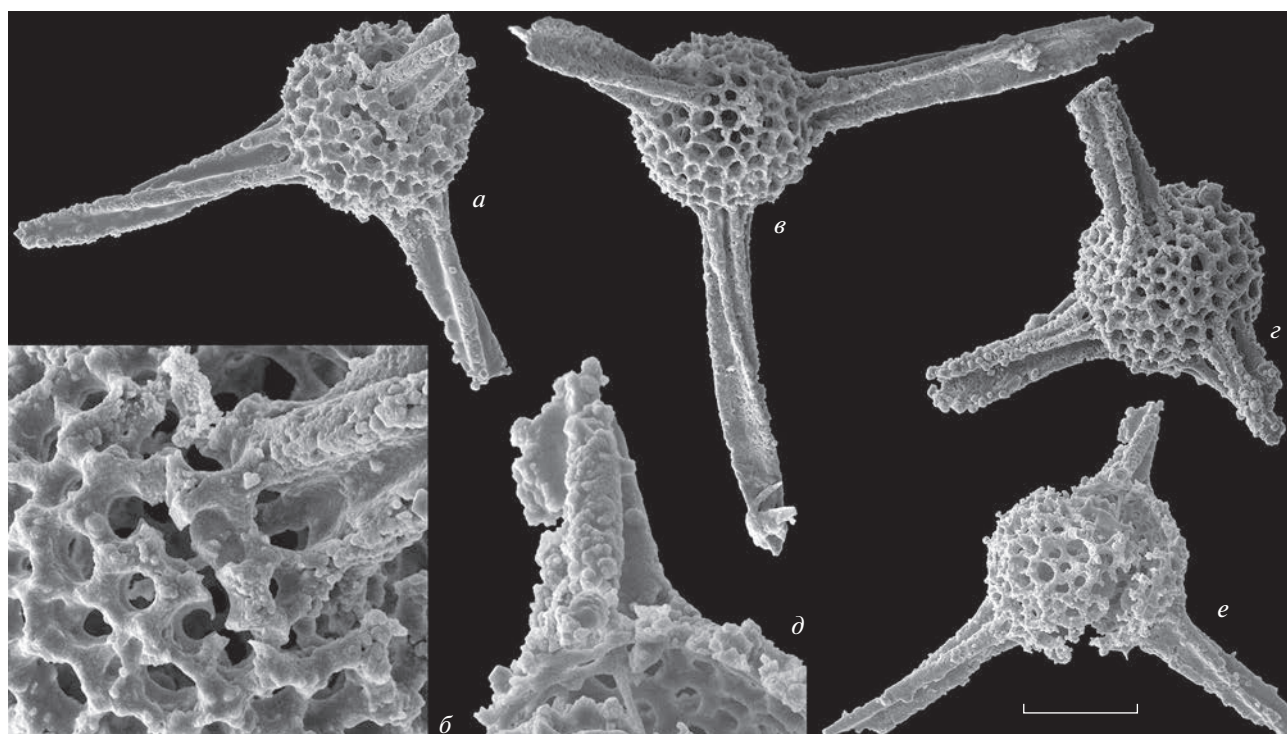


Рис. 6. *Triaenosphaera spiroacus* sp. nov. из нижнетурнейских отложений, золотоозёрская свита скв. Мелекесская-1: *a*, *б* – экз. ПИН, № 17661: *a* – штрих = 67 мкм, *б* – фрагмент, виден фрагмент луча спикулы, штрих = 23 мкм; *в* – голотип ПИН, № 6916/01, штрих = 65 мкм; *г* – экз. ПИН, № 17649, штрих = 71 мкм; *д*, *е* – экз. ПИН, № 17630: *д* – основная игла с фрагментом луча спикулы, штрих = 25 мкм, *е* – штрих = 75 мкм; *a*, *б*, *г*–*е* – инт. 1888.25–1887.5 м, обр. 6956, зона конодонтов *Siphonodella duplicata*, экозона радиолярий *Provisocyntra kononovae*; *в* – инт. 1883.2–1881.7 м, обр. 6916, зона конодонтов *Siphonodella belkai*, экозона радиолярий *Spongentactinia oraia*.

Размеры в мкм:

Абсолютные:

Экз. №	D	dp	wp	tw	L	wL	h
6916/01 (голотип)	100	9	2	6	198	27	5
17630	110	9	2	6	142	29	5
17661	117	8	2	8	178	28	3

Относительные:

Экз. №	D/tw	D/dp	D/h	L/D	L/wL	dp/tw	dp/wp
6916/01 (голотип)	16.7	11.9	20	2.0	7.3	1.5	4.5
17630	18.3	12.2	22	1.3	4.9	1.5	4.5
17661	14.6	14.6	39	1.5	6.4	1.0	4.0

С р а в н е н и е. *T. spiroacus* sp. nov. отличается от *T. fortunatovae* sp. nov. формированием скрученных основных игл с одинаковой шириной практически на всем их протяжении, за исключением базальной и терминальной части.

М а т е р и а л. Четыре экз.: (1) один экз. из типового местонахождения; (2) три экз. из золотоозёрской свиты нижнетурнейского подъяруса (нижний карбон); зона конодонтов *Siphonodella duplicata*, экозона радиолярий *Provisocyntra kononovae*; скв. Мелекесская-1, инт. 1888.25–1887.5, обр. 6956.

К Л А С С SPUMELLARIA

О Т Р Я Д SPONGIATA

СЕМЕЙСТВО SPONGENTACTINIIDAE NAZAROV, 1975

ПОДСЕМЕЙСТВО SPONGENTACTINIINAE NAZAROV, 1975,
EMEND. AFANASIEVA, 1999

Род *Spongentactinia* Nazarov, 1975

Spongentactinia oraia Afanasieva, sp. nov.

На з в а н и е вида от *οραία* греч. – красивый, прекрасный.

Г о л о т и п – ПИН, № 6914/26; Россия, Волго-Уральский бассейн, скв. Мелекесская-1, инт. 1883.2–1881.7, обр. 6914; нижний карбон, нижнетурнейский подъярус, золотоозёрская свита; зона конодонтов *Siphonodella belkai*, экозона радиолярий *Spongentactinia oraia*.

О п и с а н и е (рис. 7). Раковина сферическая, очень большая ($D = 192\text{--}215$ мкм), состоящая из двух оболочек с шестью основными трехлопастными иглами и многочисленными шипиками. Внешняя оболочка тонкая ($D/tw = 38.4\text{--}48.8$) и состоит из переплетения уплощенных прутьев, образующих маленькие и большие ($D/dp = 19.5\text{--}65.0$) полигональные поровые отверстия разного размера (от 3 до 11 мкм). Поровые каналы очень узкие ($dp/tw = 0.8\text{--}2.2$), а межпоровые перегородки,

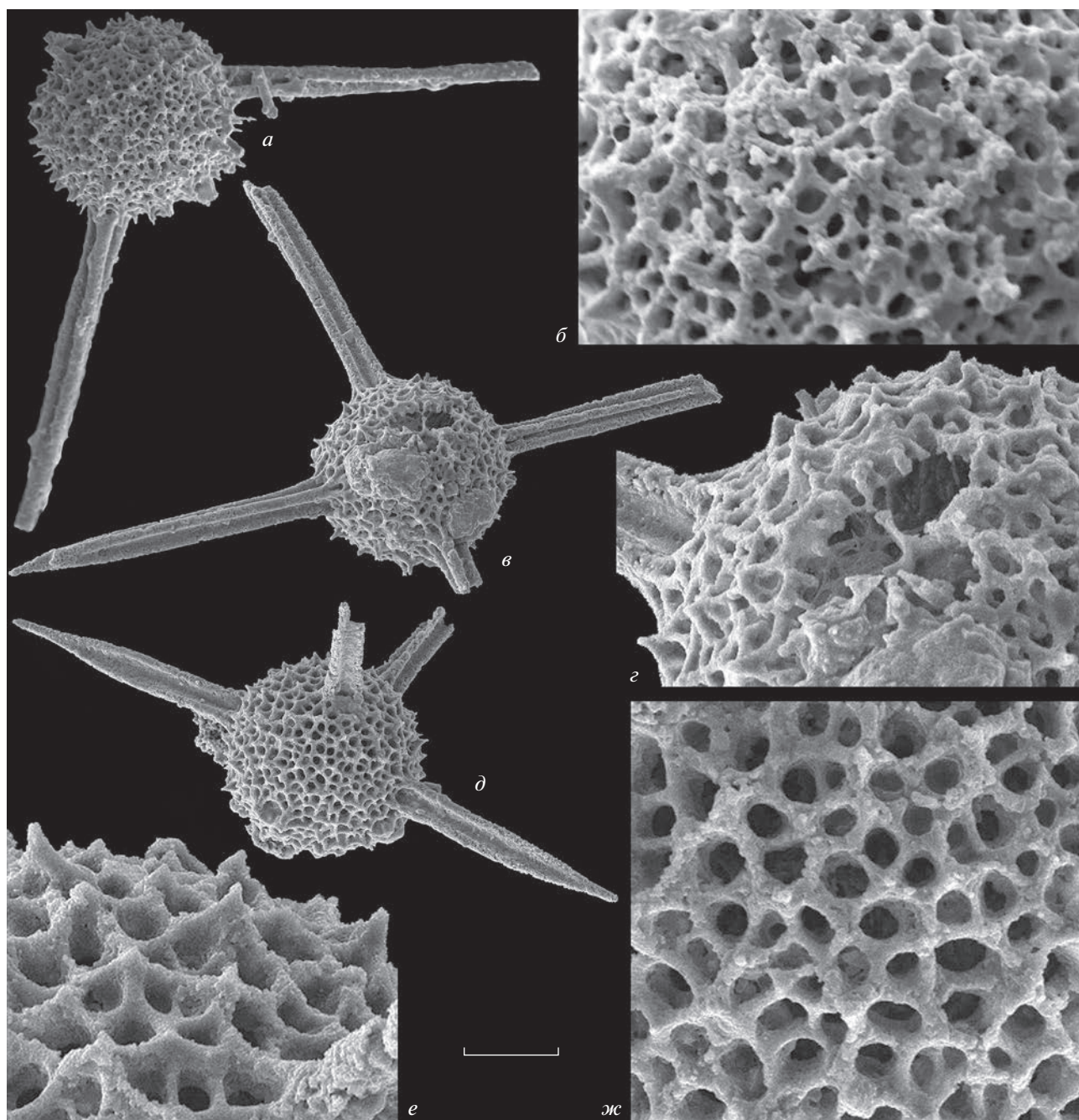


Рис. 7. *Spongentactinia oraia* sp. nov. из нижнетурнейских отложений, золотоозёрская свита скв. Мелекесская-1, инт. 1883.2–1881.7 м (*а, б* – обр. 6916, *в–жс* – обр. 6914): *а, б* – экз. ПИН, № 6916/08: *а* – штрих = 93 мкм, *б* – фрагмент, штрих = 26 мкм; *в, г* – голотип ПИН, № 6914/26: *в* – штрих = 108 мкм, *г* – фрагмент с видимой частью внутренней сферы, штрих = 33 мкм; *д–жс* – экз. ПИН, № 6914/25: *д* – штрих = 93 мкм, *е* – фрагмент, штрих = 20 мкм, *жс* – фрагмент, штрих = 20 мкм; все – зона конодонтов *Siphonodella belkai*, эконона радиолярий *Spongentactinia oraia*.

т.е., толщина уплощенных прутьев решетки, относительно широкие и очень широкие ($dp/wr = 1.0–3.0$). Обнаружен фрагмент внутренней сферы (рис. 7, *г*) с очень маленькими округлыми порами ($dp = 5$ мкм). Поровые каналы и межпоровые перегородки внутренней сферы относительно широкие ($dp/tw = 2.5$; $dp/wr = 2.5$). Основные иглы длинные ($L/D = 1.2–1.7$), относительно тон-

кие ($L/wL = 7.1–10.3$), трехлопастные с $\llcorner$ -образным поперечным сечением, значительно сужающиеся к концу до образования удлиненной конической вершины (рис. 7, *д*) и иногда слегка закрученные в торцевой части (рис. 7, *а*). На поверхности прутьев внешней сферы развиты многочисленные высокие конические шипики ($D/h = 10.3–35.8$) разной величины, от 6 до 19 мкм.

Размеры в мкм:

Абсолютные:

Экз. №	D	dp	wp	tw	L	wL	h
6914/26 (голотип)	215	7–11	4	5	369	36	6–12
6914/25	192	5–9	3	5	240	34	8–10
6916/08	195	3–8	3	4	231	36	10–19

Относительные:

Экз. №	D/tw	D/dp	D/h	L/D	L/wL	dp/tw	dp/wp
6914/26 (голотип)	43.0	19.5–	17.9–	1.7	10.3	1.4–	1.8–
		31.7	35.8			2.2	2.8
6914/25	38.4	21.3–	19.2–	1.3	7.1	1.0–	1.7–
		38.4	24.0			1.8	3.0
6916/08	48.8	24.4–	10.3–	1.2	6.4	0.8–	1.0–
		65.0	19.5			2.0	2.7

Сравнение. *S. oraia* sp. nov. отличается от *S. altasulcata* (Won, 1983): (1) формированием внешней сферы большего размера: 192–215 мкм против 83–191 мкм у *S. altasulcata*; (2) более длинными и относительно тонкими основными иглами: 231–369 мкм против 100–250 мкм у *S. altasulcata* (Won, 1983, с. 147–148, табл. 3, фиг. 11).

Замечания. *S. oraia* sp. nov. имеет внешнее конвергентное сходство с *Entactinia tortispina* (Ormiston, Lane, 1976, с. 166–167, табл. 2, фиг. 1–5; Braun, 1990a (part.), с. 108–109, табл. 8, фиг. 1–3, 6; Braun, 1990b, табл. 1, фиг. 5). Вместе с тем, *S. oraia* sp. nov. отличается формированием двух оболочек скелета и иногда слегка закрученных в торцевой части основных игл с $\llcorner$ -образным поперечным сечением, тогда как *E. tortispina* (Ormiston, Lane, 1976) характеризуется развитием только одной сферы и некоторых закрученных в основании вдоль оси на четверть оборота основных игл, с Υ -образным поперечным сечением.

Материал. Три экз. из типового местонахождения.

Автор приносит свою искреннюю благодарность А.С. Алексееву (МГУ, ПИН РАН), В.С. Вишневской (ГИН РАН) и Г.П. Нестелл (Техасский ун-т, Арлингтон, США) за ценные советы и конструктивные рекомендации; Л.И. Кононовой и В.М. Назаровой (МГУ), Е.Л. Зайцевой (МГУ, ВНИГНИ) и Н.К. Фортунатовой (ВНИГНИ) за предоставленный материал по радиоляриям нижнего турне (нижний карбон) скв. Мелекесской-1 Волго-Уральского бассейна; Г.М. Сунгатуллиной и Р.Х. Сунгатуллину (КФУ) за любезно предоставленный материал по радиоляриям из верхнекасимовских (верхний карбон) отложений разреза Усолка на Южном Урале; Б.М. Галиуллин (КФУ) за фотографирование радиолярий на растровом электронном микроскопе XL-30 ESEM; А.Ф. Банникову, М.А. Кнорре и Л.А. Булашовой

(ПИН РАН) за ценные советы и помощь при подготовке статьи к печати.

Коллекция радиолярий карбона № 5508 хранится в Палеонтологическом ин-те им. А.А. Борисяка РАН (ПИН РАН).

Исследование морфологии радиолярий проводилось на сканирующих электронных микроскопах CamScan и TESCAN на базе ПИН РАН и на растровом электронном микроскопе XL-30 ESEM на базе КФУ. Систематика радиолярий приведена по работам автора (Афанасьева, Амон, 2006; Afanasieva et al., 2005). Измерения элементов скелетов радиолярий и морфометрический анализ абсолютных и относительных значений параметров раковин радиолярий палеозоя проводились по методике, разработанной автором (рис. 3) (Афанасьева, 2000; Afanasieva et al., 2005; Афанасьева, Амон, 2006).

Работа выполнена в рамках бюджетной программы (государственного задания) ПИН РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Афанасьева М.С. Новый вариант систематики радиолярий палеозоя // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: новые результаты и новые перспективы. Матер. XIII Геол. съезда Республики Коми. Сыктывкар: ИГ КНЦ УрО РАН, 1999. Т. 2. С. 253–256.
- Афанасьева М.С. Атлас радиолярий палеозоя Русской платформы. М.: Научный мир, 2000. 480 с.
- Афанасьева М.С. Новый род *Nestelliana* gen. nov. и новые виды радиолярий позднего девона Полярного Урала и раннего карбона Волго-Уральского бассейна России // Палеонтол. журн. 2022a. № 1. С. 20–26.
- Афанасьева М.С. Новое семейство радиолярий позднего палеозоя *Provisocyntridae* fam. nov. // Палеонтол. журн. 2022b. № 2. С. 9–20.
- Афанасьева М.С., Амон Э.О. Радиолярии. М.: ПИН РАН, 2006. 320 с.
- Афанасьева М.С., Амон Э.О. Апофизы, мутовки и зубчики в скелетах позднепалеозойских радиолярий подсемейства *Entactiniinae* // Палеонтол. журн. 2017. № 4. С. 3–21.
- Афанасьева М.С., Кононова Л.И. О радиоляриях и конодонтах нижнего карбона Волго-Уральского бассейна (Мелекесская скв. 1) // Теоретические и прикладные аспекты палеонтологии. Матер. LXVII сессии Палеонтол. об-ва при РАН. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2021. С. 9–10.
- Назаров Б.Б. Радиолярии нижнего–среднего палеозоя Казахстана (методы исследований, систематика, стратиграфическое значение). М.: Наука, 1975. 202 с. (Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 275).
- Сунгатуллина Г.М., Афанасьева М.С., Сунгатуллин Р.Х. Конодонты и радиолярии верхнего карбона разреза “Усолка” (Южный Урал) // Геол. вестник. 2019. № 3. С. 143–152.
- Фортунатова Н.К., Зайцева Е.Л., Бушуева М.А. и др. Стратиграфия нижнего карбона Волго-Уральского субрегиона (материалы к актуализации стратиграфической схемы). М.: ВНИГНИ, 2023. 288 с.

- Afanasieva M.S., Amon E.O., Agarkov Yu.V., Boltovskoy D.S. Radiolarians in the geological record // *Paleontol. J.* 2005. V. 39. Suppl. 3. P. S135–S392.
- Braun A. Radiolarien aus dem Unter-Karbon Deutschlands // *Cour. Forsch.-Inst. Senckenb.* 1990a. Bd 133. S. 1–177.
- Braun A. Evolutionary trends and biostratigraphic potential of selected radiolarian taxa from the Early Carboniferous of Germany // *Mar. Micropaleontol.* 1990b. V. 15. P. 351–364.
- Deflandre G. À propos du développement des recherches sur les Radiolaires fossiles // *Rev. Micropaléontol.* 1960. V. 2. № 4. P. 212–218.
- Deflandre G. Observations et remarques sur les Radiolaires Sphaerellaires du Paléozoïque, à propos d'une nouvelle espèce, viséenne, du genre *Foremaniella* Defl., parfait intermédiaire entre les Périaxoplastidiés et les Pylentonémidés // *C. R. Acad. Sci. Sér. D, Sci. natur.* 1973. T. 276. № 1. P. 1147–1151.
- Feng Q., Gu S., He W., Jin Y. Latest Permian Entactinaria (Radiolaria) from southern Guangxi, China // *J. Micropaleontol.* 2007. V. 26. № 1. P. 19–37.
- Foreman H.P. Upper Devonian Radiolaria from the Huron Member of the Ohio Shale // *Micropaleontol.* 1963. V. 9. № 3. P. 267–304.
- Maldonado A.L., Noble P.J. Radiolarians from the upper Guadalupian (Middle Permian) Reef Trail Member of the Bell Canyon Formation, West Texas and their biostratigraphic implications // *Micropaleontol.* 2010. V. 56. № 1–2. P. 69–115.
- Noble P., Aitchison J.C., Danelian T. et al. Taxonomy of Paleozoic radiolarian genera // *Catalogue of Paleozoic Radiolarian Genera* / Eds. Danelian T., Caridroit M., Noble P., Aitchison J.C. P., 2017. P. 419–502 (*Geodiversitas*. V. 39. № 3).
- Ormiston A.R., Lane H.R. A unique radiolarian fauna from the Sycamore Limestone (Mississippian) and its biostratigraphic significance // *Palaeontogr. Abt. A.* 1976. Bd 154. P. 154–180.
- Riedel W.R. Some new families of Radiolaria // *Proc. Geol. Soc. London.* 1967. № 1640. P. 148–149.
- Wang Y.-J. An upper Devonian (Famennian) radiolarian fauna from carbonate rocks, Northern Xinjiang // *Acta Micropaleontol. Sin.* 1997. V. 14. № 2. P. 149–160.
- Won M.-Z. Radiolarien aus dem Unterkarbon des Rheinischen Schiefergebirges (Deutschland) // *Palaeontogr. Abt. A.* 1983. Bd 182. № 4–6. S. 116–175.
- Won M.-Z. A Tournaisian (Lower Carboniferous) radiolarian zonation and radiolarians of the A. pseudoparadoxa Zone from Oese (Rheinische Schiefergebirge), Germany // *J. Korean Earth Sci. Soc.* 1998. V. 19. № 2. P. 216–259.

Объяснение к таблице I

Фиг. 1–11. *Entactinia zaitsevae* sp. nov.: 1 – экз. ПИН, № 17662, штрих = 64 мкм; 2 – экз. ПИН, № 17601: 2а – штрих = 64 мкм, 2б – фрагмент, 6-лучевая спикула со срединной балкой, штрих = 19 мкм; 3 – экз. ПИН, № 17629, штрих = 73 мкм; 4 – экз. ПИН, № 17653: 4а – штрих = 71 мкм, 4б – фрагмент, 6-лучевая спикула со срединной балкой и поворотом луча спикулы на угол 20° в сторону основания основной иглы, штрих = 24 мкм; 5 – экз. ПИН, № 17663, штрих = 71 мкм; 6 – экз. ПИН, № 17664, виден фрагмент спикулы, штрих = 62 мкм; 7 – экз. ПИН, № 17634, видны фрагменты спикулы, штрих = 64 мкм; 8 – экз. ПИН, № 17615, штрих = 62 мкм; 9 – голотип ПИН, № 6916/05, штрих = 67 мкм; 10 – экз. ПИН, № 353-158/5, штрих = 54 мкм; 11 – экз. ПИН, № 353-158/2, штрих = 80 мкм; Волго-Уральский бассейн, скв. Мелекесская-1; нижний карбон, нижнетурнейский подъярус, золотоозёрская свита: инт. 1888.25–1887.5 м, обр. 6956, зона конодонтов *Siphonodella duplicata*, экозона радиоларий *Provisocyntra kononovae* (фиг. 1–8); инт. 1883.2–1881.7 м, обр. 6916, зона конодонтов *Siphonodella belkai*, экозона радиоларий *Spongentactinia oraia* (фиг. 9); Южный Урал, р. Усолка, разрез Усолка; верхний карбон, верхнекасимовский подъярус, зона конодонтов *Streptognathodus firmus*, экозона радиоларий *Astroentactinia luxuria*–*Triactofenestrella nicolica* (фиг. 10, 11).

Объяснение к таблице II

Фиг. 1–10. *Trienosphaera fortunatovae* sp. nov.: 1 – экз. ПИН, № 17633, основная игла с фрагментом луча спикулы, штрих = 39 мкм; 2 – экз. ПИН, № 17650, штрих = 61 мкм; 3 – экз. ПИН, № 17628, видны фрагменты лучей спикулы, штрих = 56 мкм; 4 – экз. ПИН, № 17613, штрих = 60 мкм; 5 – экз. ПИН, № 17637, штрих = 61 мкм; 6 – экз. ПИН, № 17617, штрих = 62 мкм; 7 – экз. ПИН, № 17619, штрих = 61 мкм; 8 – экз. ПИН, № 6916/06, штрих = 55 мкм; 9 – голотип ПИН, № 6916/02: 9а – штрих = 55 мкм, 9б – фрагмент, шипики, штрих = 16 мкм, 9в – фрагмент, в основании основной иглы, между лопастями, видны две поры внешней сферы, штрих = 16 мкм; Волго-Уральский бассейн, скв. Мелекесская-1; нижний карбон, нижнетурнейский подъярус, золотоозёрская свита: инт. 1888.25–1887.5 м, обр. 6956, зона конодонтов *Siphonodella duplicata*, экозона радиоларий *Provisocyntra kononovae* (фиг. 1–7); инт. 1883.2–1881.7 м, обр. 6916, зона конодонтов *Siphonodella belkai*, экозона радиоларий *Spongentactinia oraia* (фиг. 8, 9).

New Radiolarian Species from the Lower Carboniferous of the Volga–Ural Basin and the Upper Carboniferous of the South Urals of Russia

M. S. Afanasieva

Borissiak Paleontological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, 117647 Russia

The genus *Trienosphaera* Deflandre, 1973 is revised and its diagnosis is emended. Four new radiolarian species from the Lower Tournaisian (Mississippian) of the Volga–Ural Basin and the Upper Kasimovian (Pennsylvanian) of the South Urals are described: *Entactinia zaitsevae* sp. nov., *Trienosphaera fortunatovae* sp. nov., *T. spiroacus* sp. nov. and *Spongentactinia oraia* sp. nov.

Keywords: Radiolaria, new species, Lower Tournaisian, Upper Kasimovian, Carboniferous, Volga–Ural Basin, South Urals, Russia

