

УДК 563.141:551.736.1(234.853)

НОВЫЙ РОД ALEXIALEKS GEN. NOV. И НОВЫЕ ВИДЫ РАДИОЛЯРИЙ РАННЕЙ ПЕРМИ ЮЖНОГО УРАЛА РОССИИ

© 2023 г. М. С. Афанасьева*

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

*e-mail: afanasieva@paleo.ru

Поступила в редакцию 04.07.2022 г.

После доработки 19.07.2022 г.

Принята к публикации 19.07.2022 г.

Анализ морфологических особенностей скелетов радиолярий из нижнепермских отложений Южного Урала позволил пересмотреть систематическое положение вида *Helioentactinia uralica* Kozur et Mostler, 1989 и двух разных морфотипов *Helioentactinia* sp. и отнести их к трем видам в составе нового рода *Alexialeks* gen. nov.: *A. uralicus* (Kozur et Mostler, 1989), *A. alius* sp. nov. и *A. distinctus* sp. nov. Установлено три направления в развитии *Alexialeks* gen. nov. на протяжении ассельского, сакмарского, артинского и кунгурского веков ранней перми. Внесены изменения и дополнения в диагнозы рода *Multisphaera* Nazarov et Afanasieva in Afanasieva, 2000, emend. nov. и подсемейства *Multisphaerinae* Nazarov et Afanasieva in Afanasieva, 2000, emend. nov. Подтверждена валидность подсемейства *Multisphaerinae*. Предложена гипотеза о том, что первичная внутренняя сфера с рудиментарной четырехлучевой спикулой и многочисленными стержневидными иглами может представлять собой переходную форму внутреннего каркаса скелета от п-лучевой спикулы к истинной микросфере.

Ключевые слова: Radiolaria, морфология, филогения, ревизия, новые род и виды, нижняя пермь, Южный Урал, Россия

DOI: 10.31857/S0031031X23010026, EDN: FIQTFS

ВВЕДЕНИЕ

Морфотипы скелетов радиолярий с тремя сферами встречаются крайне редко среди радиолярий палеозоя. В настоящее время удалось идентифицировать:

• пять родов радиолярий, обладающих скелетом с тремя пористыми сферами:

(1) *Alexialeks* gen. nov. (нижняя пермь, Южный Урал, Россия);

(2) *Entactinosphaera* Foreman, 1963, который является старшим синонимом рода *Thecentactinia* Nazarov, 1975 (Афанасьева, 2011, с. 5; Noble et al., 2017, с. 448): нижний силур, среднеландоверийский подъярус, Южный Урал, Россия (Назаров, 1975); верхний девон, фаменский ярус, Огайо, США (Foreman, 1963); франский ярус, Северные Мугоджары, Казахстан (Назаров, 1975);

(3) *Guangxitrisphaera* Wang in Wang et Kuang, 1993, нижний карбон, визейский ярус, Юго-Восточный Гуанси, Южный Китай;

(4) *Meschedea* Won, 1983, нижний карбон, верхнетурнейский подъярус, Рейнские Сланцевые горы, Германия (Won, 1983);

(5) *Wuyia* Feng in Feng et al., 2007, верхняя пермь, верхнечансинский подъярус, Южный Гуанси, Южный Китай;

• четыре рода среди радиолярий с губчатым, сетчатым или решетчатым типом скелетной ткани:

(1) *Afanasievella* Nestell et Nestell, 2010, средняя пермь, верхнекептенский подъярус, Западный Техас, США (Nestell, Nestell, 2010);

(2) *Cavasphaera* Won et Iams, 2015, нижний ордовик, флоский ярус, Западный Ньюфаундленд, Канада (Won, Iams, 2015);

(3) *Glomispina* Nestell et Nestell, 2021, средняя пермь, роудский и вордский ярусы, Западный Техас, США (Nestell, Nestell, 2021);

(4) *Involuentactinia* Jones et Noble, 2006, верхняя часть нижнего силура – нижний венлок, Нунавут, Канада (Jones, Noble, 2006).

Радиолярии с необычной морфологией скелета с тремя сферами впервые были описаны Х. Коцуром и Х. Мостлером (Kozur, Mostler, 1989) на Южном Урале из отложений иренского горизонта кунгурского яруса разреза Алегазово на р. Ай (рис. 1, I). Изначально эти радиолярии были отнесены Коцуром и Мостлером (Kozur, Mostler,

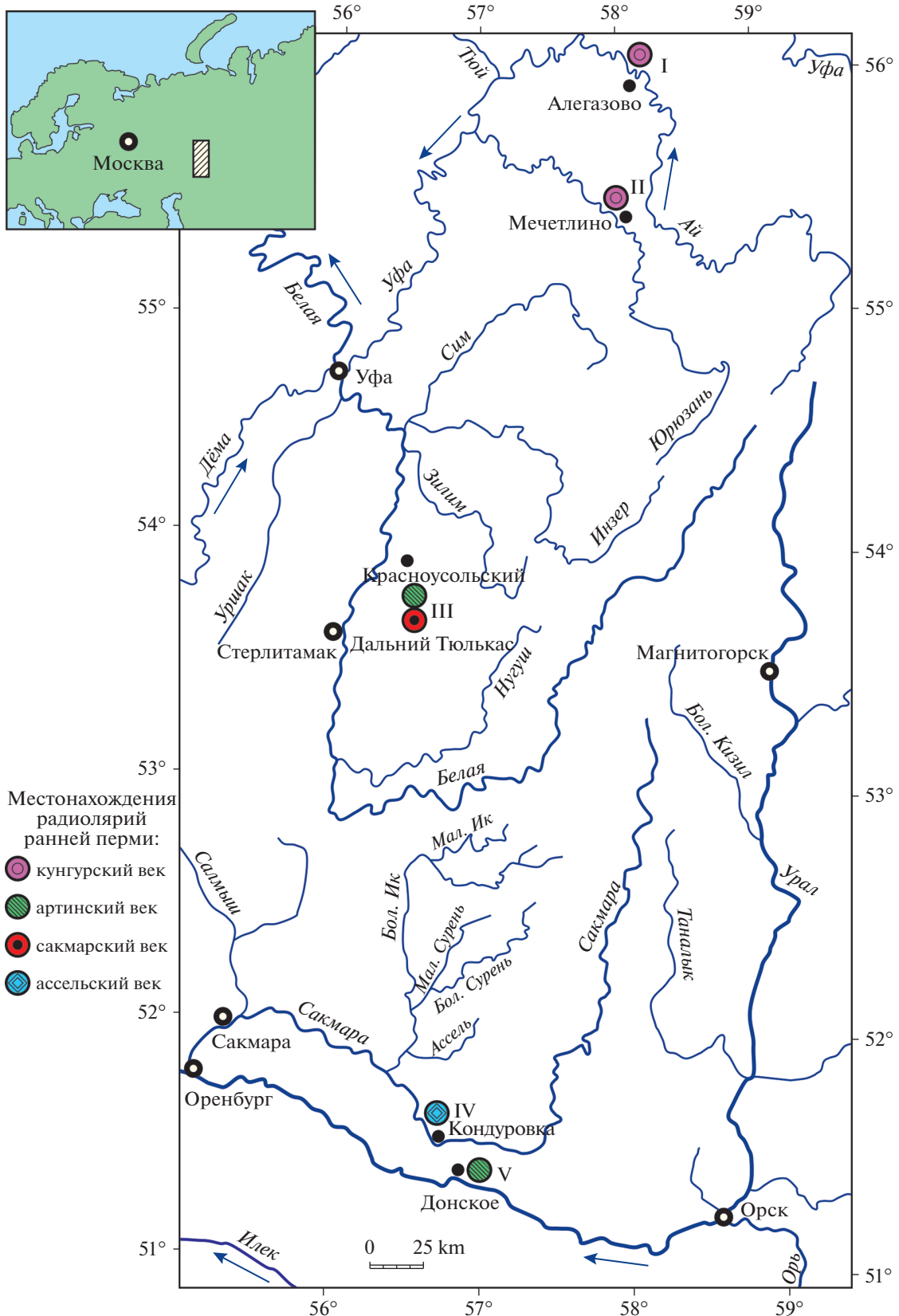


Рис. 1. Местонахождение радиоларий из рода *Alexialeks* на Южном Урале: I – р. Ай, с. Алегазово, разрез Алегазово (Kozur, Mostler, 1989); II – р. Юрюзань, с. Мечетлино, разрез Мечетлино (настоящая работа); III – руч. Дальний Тюлькас, пос. Красноустьинский, разрез траншеи Дальний Тюлькас (Afanasyeva et al., 2022); IV – р. Сакмара, с. Кондуровка, разрез Кондуровский (Afanasyeva, 2021); V – р. Урал, с. Донское, разрез Донское (Назаров, 1988; Афанасьева, 2000, настоящая работа).

1989) к роду *Helioentactinia* Nazarov, 1975 и описаны в качестве нового вида *H. uralica*¹ (рис. 2). Кроме этого, два разных морфотипа были приведены Коцуром и Мостлером в открытой номенклатуре как *Helioentactinia* sp. (рис. 2, з; 3, в, з).

Новые исследования показали ошибочность рассматривания вида *H. uralica* в составе рода *Helioentactinia*. Морфотип рода *Helioentactinia* характеризуется наличием только двух сферических оболочек скелета, тогда как у *Helioentactinia uralica* отмечено формирование скелета из трех сфер, что позволяет уверенно отнести данный вид к новому роду *Alexialeks* gen. nov.

Среди изображенных Коцуром и Мостлером (Kozur, Mostler, 1989) представителей вида *Helioentactinia uralica* обращают на себя внимание экземпляры с относительно толстой и достаточно тонкопористой внешней оболочкой скелета (рис. 3, а), которая отличается от внешней тонкой и крупнопористой оболочки данного вида (рис. 2). Вместе с тем, подобные морфотипы широко представлены в верхнеассельских отложениях разреза Кондуровский и выделены в самостоятельный новый вид *Alexialeks alius* sp. nov.

При описании вида *Helioentactinia uralica* Коцур и Мостлер (Kozur, Mostler, 1989) отметили, что промежуточная оболочка из-за своей хрупкости обычно не сохраняется или сохраняется лишь фрагментарно (рис. 3, з). Однако радиолярии, скелет которых отличается образованием недоразвитой или рудиментарной промежуточной сферы, достаточно часто встречаются в отложениях сакмарского, артинского и кунгурского ярусов Южного Урала. В связи с этим радиолярии с подобным морфотипом скелета выделены ниже в самостоятельный вид *Alexialeks distinctus* sp. nov.

Таким образом, морфотип радиолярий с тремя пористыми оболочками скелета в настоящей работе описывается в качестве нового рода *Alexialeks* gen. nov. с тремя видами: *A. uralicus* (Kozur et Mostler, 1989) и новыми видами *A. alius* sp. nov. и *A. distinctus* sp. nov.

¹ Оригинальное описание *Helioentactinia uralica* Kozur et Mostler, 1989: “Äußere Schale mit großporigem Gittergeflecht, das kurze Stacheln auf den Gitterkreuzungspunkten aufweist. Die Poren haben sehr unterschiedliche Form und Größe. Die 9–12 Hauptstacheln sind mäßig lang, dreikantig. Das äußere Gittergeflecht ist durch Apophysen, die von den Kanten der Hauptstacheln ausgehen, mit diesen verbunden. Die Markschale ist perforiert, klein, und weist einzelne kleine Stacheln auf. Ihre kleinen Poren sind ziemlich gleichmäßig ausgebildet und haben pentagonale bis hexagonale Form. Zwischen der Markschale und der äußeren Schale gehen in einem Bereich, der etwas näher zur Markschale liegt; von den Hauptstacheln zarte Balken aus, die sich zu einem sehr zarten, lockeren, großporigen Gittergeflecht verbinden. Diese Schale ist wegen ihrer Zartheit meist nicht oder nur ganz fragmentarisch erhalten” (Kozur, Mostler, 1989, с. 193).

ФИЛОГЕНИЯ РОДА ALEXIALEKS

Представители нового рода *Alexialeks* gen. nov. известны только в нижнепермских отложениях Южного Урала России. Однако в истории этого рода даже на столь коротком временном интервале четко выделяются три характерных направления развития (рис. 4).

Самые ранние представители рода *Alexialeks* встречаются в верхнеассельских отложениях. Они относятся к виду *A. alius* sp. nov., который представляет основное направление в развитии рода. Данный вид характеризуется крупной толстостенной внешней оболочкой скелета и крайне тонкостенной промежуточной сферой. Последние представители *A. alius* sp. nov. отмечены в иренских отложениях кунгурского яруса.

В иренское время появились морфотипы с меньшими размерами скелетов, отличающихся формированием тонкостенной внешней и внутренней оболочек. Они образовали самостоятельный вид *A. uralicus*.

В развитии рода *Alexialeks* интересно ответвление *A. distinctus*, которое представлено морфотипами с наиболее крупным скелетом и рудиментарными остатками недоразвитой промежуточной сферы и регулярно встречающихся в отложениях нижней перми. Промежуточная сфера по каким-то причинам не развивалась полностью и утратила свое первоначальное значение; однако ее рудименты занимают примерно такое же положение (в среднем 32% от диаметра внешней сферы), что и развитая промежуточная сфера (в среднем 31–40%). Рудименты промежуточной сферы (от *rudimentum lat.* – зачаток, первооснова) находились в недоразвитом, зачаточном состоянии в процессе становления и существования нового вида *A. distinctus* sp. nov. на протяжении сакмарского, артинского и кунгурского веков.

Итак, в процессе развития рода *Alexialeks* наблюдается:

(1) изменение размера внешней оболочки скелета на 7–10%:

- *A. alius* – толстостенная большая сфера ($D_{\text{средний}} = 247.5$ мкм),

- *A. distinctus* – наиболее крупный толстостенный скелет ($D_{\text{средний}} = 266$ мкм),

- *A. uralicus* – тонкостенный скелет с меньшими размерами ($D_{\text{средний}} = 221.3$ мкм);

(2) увеличение количества игл: от 8 игл у *A. alius* и *A. distinctus*, и до 8–12 игл у позднекунгурского вида *A. uralicus*;

(3) изменение размера промежуточной оболочки скелета:

- *A. alius* – крайне тонкая сфера, составляющая, в среднем, 30.9% от диаметра внешней сферы,

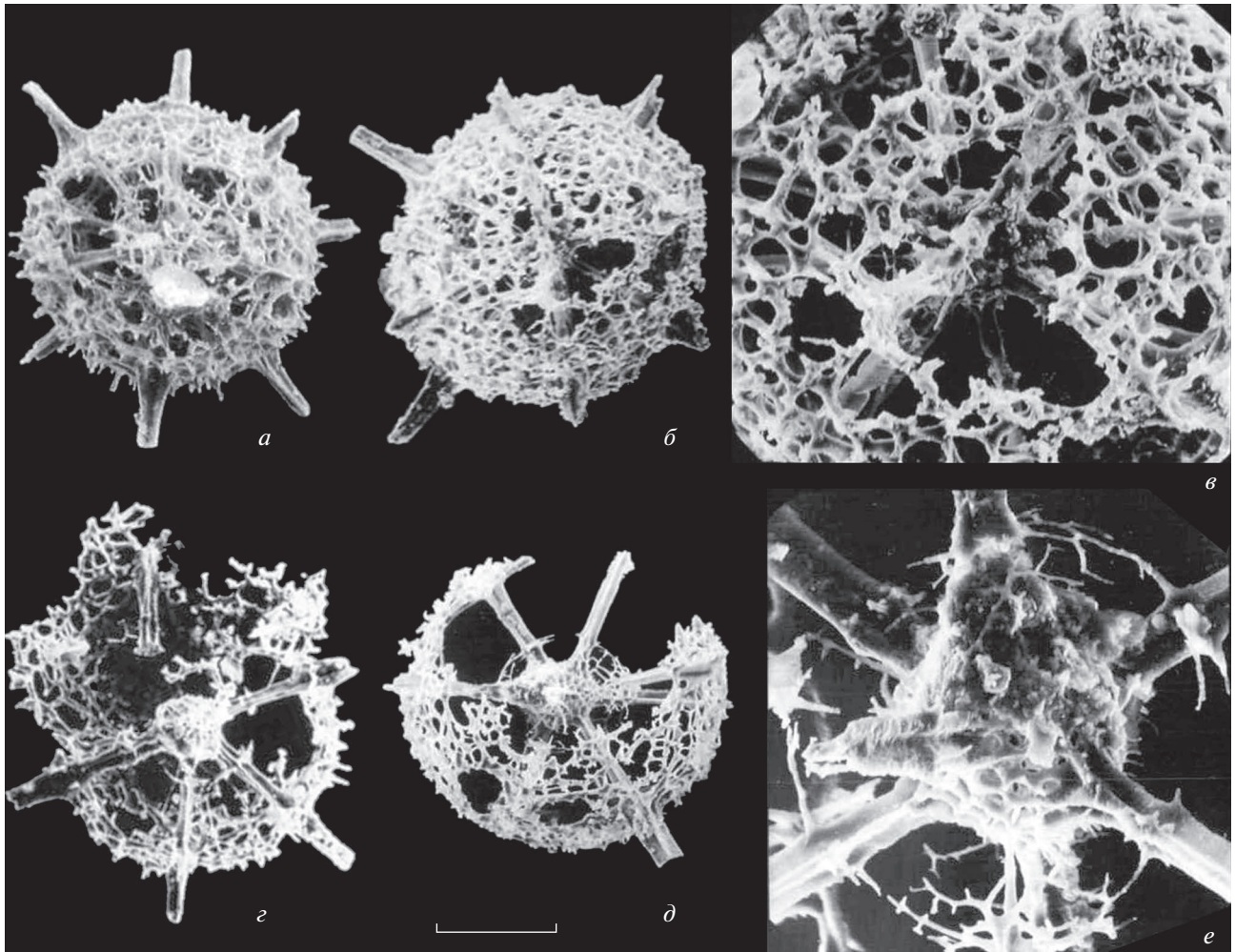


Рис. 2. *Alexialeks uralicus* (Kozur et Mostler, 1989): *a* – экз. № КоМо-1979/1-63b, штрих = 90 мкм (Kozur, Mostler, 1989, табл. 16, фиг. 2); *б, в* – голотип № КоМо-1979/1-62: *б* – штрих = 94 мкм (Kozur, Mostler, 1989, табл. 15, фиг. 7a), *в* – фрагмент, штрих = 40 мкм (Kozur, Mostler, 1989, табл. 15, фиг. 7б); *г* – экз. № КоМо-1979/1-65, штрих = 88 мкм (Kozur, Mostler, 1989, табл. 17, фиг. 3); *д, е* – экз. № КоМо-1979/1-63a: *д* – штрих = 73 мкм (Kozur, Mostler, 1989, табл. 16, фиг. 3a), *е* – фрагмент, штрих = 22 мкм (Kozur, Mostler, 1989, табл. 16, фиг. 3б); Южный Урал, р. Ай, разрез Алегазово; нижняя пермь, кунгурский ярус, иренский горизонт, зона конодонтов *Neostreptognathodus imperfectus*.

- *A. uralicus* – более толстостенная сфера, составляющая, в среднем, 40.4% от диаметра внешней сферы,

- *A. distinctus* – рудиментарные остатки недоразвитой промежуточной сферы, которая составляет, в среднем, 32% от диаметра внешней сферы и занимает примерно такое же положение, что и развитая промежуточная сфера.

КОНЦЕПЦИЯ КЛАССИФИКАЦИИ РАДИОЛЯРИЙ

В палеонтологической практике определение таксона связано со значительными сомнениями, поскольку практически каждый новый экземпляр привносит новую информацию, которая может изменить сложившийся ранее взгляд на

классификацию. В связи с этим решение вопросов систематизации радиолярий невозможно без разработки четких критериев для таксонов различного ранга, поскольку расплывчатость понятий о таксономическом значении морфологических признаков таксонов различного иерархического уровня часто приводит к противоречивым решениям одних и тех же вопросов. Поэтому требуется однозначность трактовки различных морфологических признаков скелетов, не допускающая двусмысленного понимания диагнозов таксонов любого таксономического уровня (Афанасьева, 2000, 2002).

Анализ морфологических признаков скелетов радиолярий палеозоя выявил их устойчивую приуроченность к определенным иерархическим уровням и позволил разработать систему фикси-

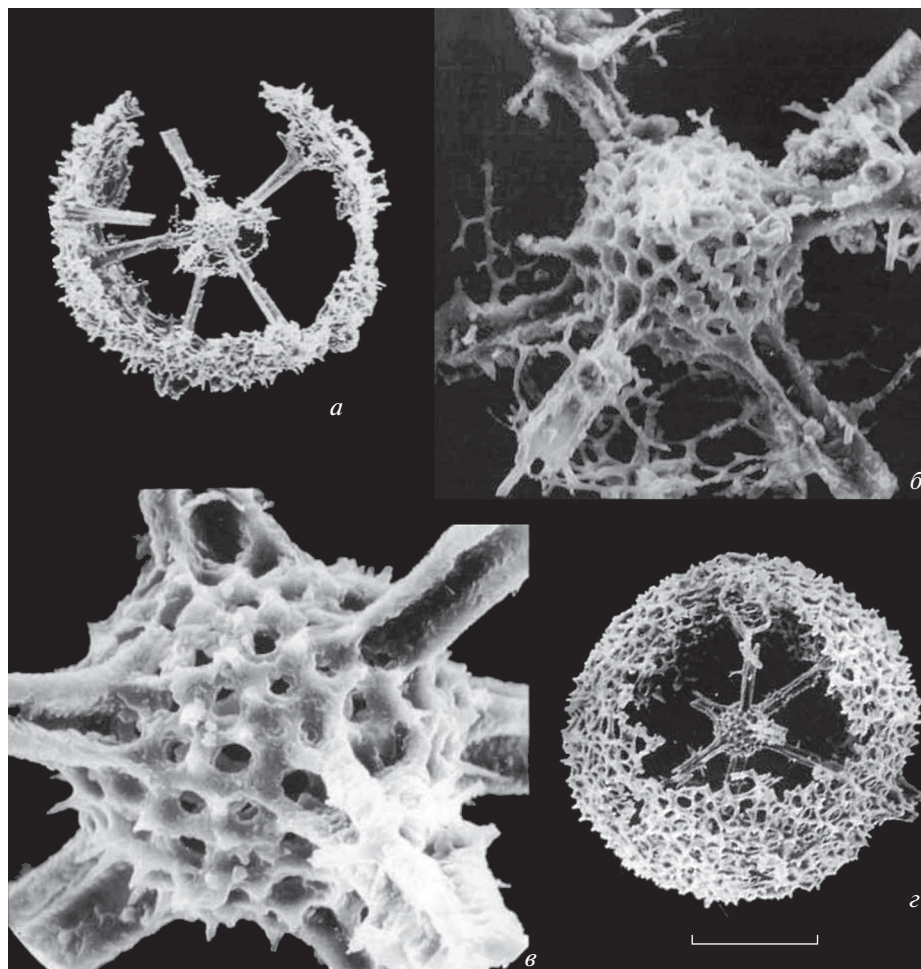


Рис. 3. Радиоларии *Alexialeks alius* sp. nov. (*a, б*) и *A. distinctus* sp. nov. (*в, з*): *a, б* – экз. № КоМо-1979/1-63с: *a* – экземпляр, на котором видна дополнительная очень тонкая скелетная вуаль (вверху справа), опирающаяся на короткие шипики толстой внешней оболочки скелета, штрих = 108 мкм (Kozur, Mostler, 1989, табл. 16, фиг. 1а), *б* – фрагмент, штрих = 22 мкм (Kozur, Mostler, 1989, табл. 16, фиг. 1б); *в, з* – экз. № КоМо-1979/1-64: *в* – фрагмент, штрих = 14 мкм (Kozur, Mostler, 1989, табл. 17, фиг. 2), *з* – штрих = 82 мкм (Kozur, Mostler, 1989, табл. 16, фиг. 4); Южный Урал, р. Ай, разрез Алегазово; нижняя пермь, кунгурский ярус, иренский горизонт, зона конодонтов *Neostreptognathodus imperfectus*.

рованной совокупности морфологических признаков для диагноза и описания радиоларий палеозоя различного таксономического уровня. Кроме того, морфометрический анализ абсолютных и относительных значений параметров раковин радиоларий палеозоя показал устойчивую статистическую закономерность изменения размеров скелета, его частей и их соотношений. 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 параметры (рис. 5) (Афанасьева, 2000, 2002).

Данная концепция классификации радиоларий разрешает учитывать любые сведения об ископаемых организмах и позволяет достаточно

просто определить место в филогенетической схеме любого вновь рассматриваемого объекта исследования. Например, подсемейство *Multisphaerinae* Nazarov et Afanasieva in Afanasieva, 2000 (Афанасьева, 2000), отличающееся развитием трех и более пористых сфер скелета, а также 8–12 и более основных игл, явилось недостающим звеном в построении системы радиоларий палеозоя при выделении в семействе *Astroentactiniidae* трех подсемейств: *Astroentactiniinae* – с одной внешней сферой, *Helioentactiniinae* – с двумя сферами, и *Multisphaerinae* – с тремя и более оболочками скелета (Афанасьева, 2000, 2002; Afanasieva et al., 2005; Афанасьева, Амон, 2006).

Тем не менее, необходимо помнить известное изречение К. Линнея (1735): “Не признаки определяют род, а род определяет признаки” (цит. по: Петрушевская, 1986, с. 99). Свойства любых био-

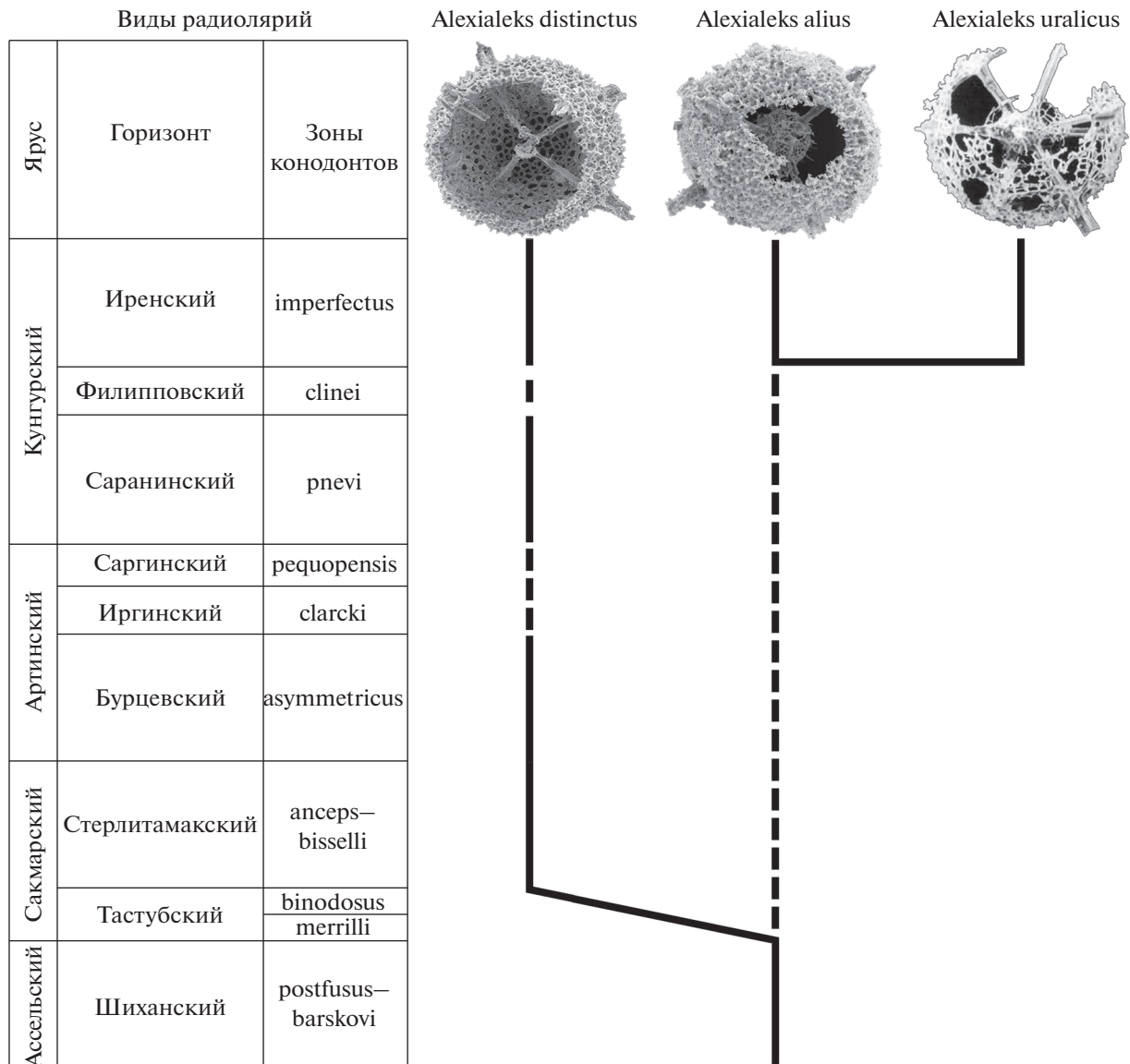


Рис. 4. Филогенетическое древо рода *Alexialeks* gen. nov. Распространение радиолярий в нижнепермских отложениях Южного Урала: *A. distinctus* sp. nov. – кунгурский ярус: иренский горизонт, р. Ай, разрез Алегазово (Kozur, Mostler, 1989), саранинский горизонт, р. Юрюзань, разрез Мечетлино (настоящая работа); нижнеаргинский подъярус, бурцевский горизонт и верхнесакмарский подъярус, стерлитамакский горизонт, пос. Красноусольский, разрез траншеи Дальний Тюлькас (Afanasieva et al., 2022); нижнеаргинский подъярус, р. Урал, разрез Донское (настоящая работа); *A. alius* sp. nov. – кунгурский ярус, иренский горизонт, р. Ай, разрез Алегазово (Kozur, Mostler, 1989) и верхнеассельский подъярус, шиханский горизонт, р. Сакмара, разрез Кондуровский (Afanasieva, 2021); *A. uralicus* (Kozur et Mostler) – кунгурский ярус, иренский горизонт, р. Ай, разрез Алегазово (Kozur, Mostler, 1989).

логических существ, современных или вымерших, объективно существуют, т.е., они были, есть и будут вне зависимости от нашей воли или желания. Более того, в природе не существует ни абсолютного тождества, ни абсолютного различия. Следовательно, все наши суждения и выводы о сходстве или различии любых таксонов любого таксономического ранга всегда будут содержать определенную долю субъективизма (Афанасьева, 2000, с. 9).

ПОДСЕМЕЙСТВО MULTISPHERINAE

Своеобразные морфотипы радиолярий с пятью внутренними сферами были обнаружены Б.Б. Назаровым (1988) в нижнеаргинских отложениях разреза Донское (рис. 1, V; рис. 6), но не описаны, а только изображены (Назаров, 1988, табл. IV, фиг. 3, 4; табл. XXVIII, фиг. 6, 7). Более того, своеобразие строения скелетов заставило Назарова сомневаться в отнесении данных радиолярий или к *Entactiniinae* gen. et sp. indet. (На-

заров, 1988, с. 185, табл. IV, фиг. 3, 4), или к *As-toentactiniinae* gen. et sp. indet. (Назаров, 1988, с. 195, табл. XXVIII, фиг. 6, 7).

Подсемейство *Multisphaerinae* было установлено на основании описания рода и вида *Multisphaera impersepta* Nazarov et Afanasieva in Afanasieva, 2000 из нижнеартинских отложений разреза Донское (Афанасьева, 2000). В настоящее время состав подсемейства *Multisphaerinae* дополнен новым родом *Alexialeks* gen. nov. из верхнеассельских и нижнесакмарских отложений разреза Кондуровский, верхнесакмарского и нижнеартинского подъярусов разреза траншеи Тюлькас, из базальных кунгурских отложений разреза Мечетлино (саранинский горизонт) и из иренского горизонта разреза Алегазово (рис. 1).

Морфотипы подсемейства *Multisphaerinae* характеризуются развитием пористых оболочек скелета: трех в скелетах *Alexialeks* и пяти у представителей *Multisphaera*.

Внутренний каркас у представителей рода *Alexialeks* полностью не установлен. Однако внутри первичной внутренней сферы иногда наблюдаются остатки спикулы (табл. II, фиг. бв; см. вклейку), которые дают возможность предполагать реальность ее первичного присутствия, а число основных игл (от 8 до 12) позволяет сделать вывод о том, что внутренний каркас был представлен гипотетической восьми- или n-лучевой спикулой.

Морфотипы *Multisphaera* характеризуются развитием очень маленькой ($D_s = 27-59$ мкм), пористой первичной внутренней сферы (микросферы) с рудиментарной эксцентричной четырехлучевой спикулой и многочисленными стержневидными иглами (рис. 6, а, е-з; 7, D_s , s, Ls).

На дезинтегрированном экземпляре *Multisphaera impersepta* внутренняя спикула не наблюдается (рис. 6, а). Вместе с тем, на двух экземплярах из препаратов П. Думитрика (Dumitrica, 2011) установил наличие четырехлучевой спикулы, расположенной эксцентрично (рис. 6, е-ж; 7, s). Скорее всего, это рудимент, остаток восьми- или n-лучевой спикулы, утративший свое основное значение в процессе эволюции организма и сохранивший в силу этого эксцентричное расположение. Однако, с другой стороны, первичная внутренняя сфера с рудиментарной четырехлучевой спикулой и многочисленными стержневидными иглами, берущими свое начало на поверхности первичной сферы, может представлять собой переходную форму внутреннего каркаса скелета от n-лучевой спикулы к истинной микросфере.

Лучи спикулы и иглы микросферы связаны с многочисленными основными трехлопастными иглами:

Размеры в мкм	Абсолютные										Относительные						
	D	dp	wp	tw	Ds	ts	L	wL	h	D/Ds	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	100.0-60.1	5.0-3.1	750.0-250.1	60.0-50.1	25.0-15.1	1.5-2.5	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	60.0-46.1	3.0-2.1	250.0-153.1	50.0-25.1	15.0-10.1	2.6-3.5	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	46.0-40.1	2.0-1.0	153.0-52.1	25.0-15.1	10.0-5.1	3.6-4.0	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	40.0-25.0	<1.0	52.0-15.0	15.0-4.5	5.0-1.0	4.1-8.5	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. 5. Сводная таблица абсолютных и относительных морфометрических параметров скелетов сферических радиолярий палеозоя (Афанасьева, 2000; Afanasieva et al., 2005; Афанасьева, Амон, 2006; с добавлением и уточнением). Обозначения: D – диаметр внешней (Dm) и промежуточной (Dm) сфер, dp – диаметры пор на внешней (dp) и промежуточной (dm) сферах, wp – ширина межпоровой перегородки на внешней (wp) и промежуточной (wm) сферах, tw – толщина стенки внешней (tw) и промежуточной (tm) сферы, Ds – диаметр первичной внутренней сферы (микросферы), ts – толщина стенки первичной сферы, L – длина основных игл, wL – ширина основания основных игл, h – высота шпиков на внешней (h), промежуточной (hm) и первичной внутренней (hs) сферах. В скобках указаны обозначения параметров внешней, промежуточной и первичной внутренней сфер, которые используются при описании видов.

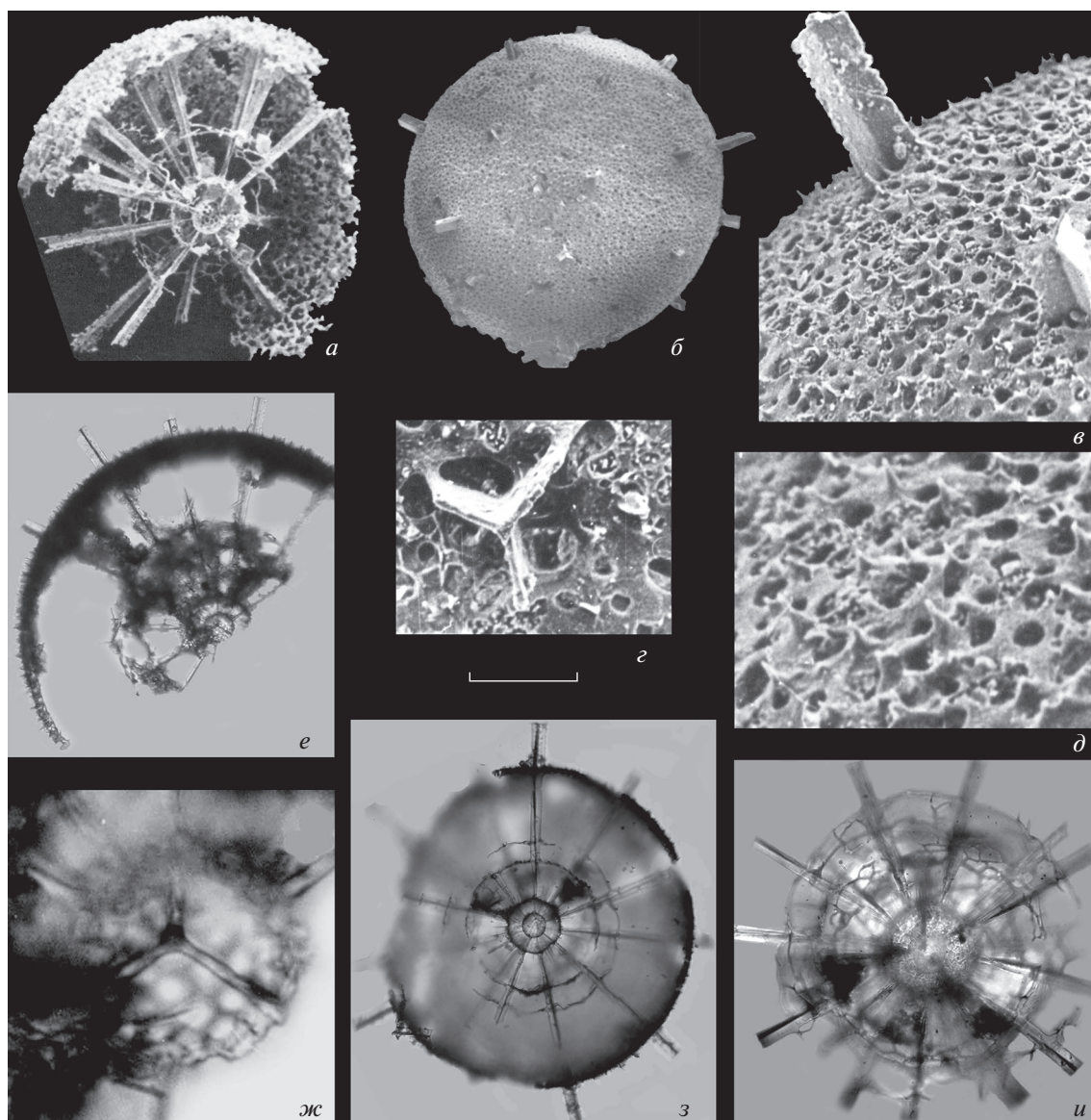


Рис. 6. *Multisphaera impersepta* Nazarov et Afanasieva in Afanasieva, 2000, emend. nov.: *a* – голотип ГИН, № 4673/208-174, штрих = 118 мкм; *б* – экз. ГИН, № 4673/208-173, штрих = 125 мкм; *в–д* – экз. ГИН, № 4673/208-61: *в* – фрагмент, штрих = 33 мкм, *г* – фрагмент, штрих = 17 мкм; *д* – фрагмент, штрих = 17 мкм (из: Афанасьева, 2000, табл. 81, фиг. 7–10); *е, ж* – экз. 3 (адаптировано из: Dumitrica, 2011, табл. 1, фиг. 4, 5); *е* – штрих = 96 мкм, *ж* – фрагмент, штрих = 14 мкм; *з, и* – экз. 2, фотографии с разной глубиной резкости (адаптировано из: Dumitrica, 2011, табл. 1, фиг. 1, 2): *з* – штрих = 117 мкм, *и* – штрих = 80 мкм; Россия, Южный Урал, р. Урал, разрез Донское; нижняя пермь, нижнеартинский подъярус.

• морфотип *Multisphaera* насчитывает более 24 игл с Y-образным сечением (рис. 6); при этом следует особо подчеркнуть, что все (!) основные иглы *Multisphaera* берут свое начало на поверхности первой промежуточной оболочки и являются продолжением стержневидных игл первичной внутренней сферы, и только часть (!) игл является продолжением внутренней четырехлучевой спикулы (рис. 7, L, s). Это отчетливо видно на объемном изображении морфотипов (рис. 6, *a*) и на фо-

тографиях двух экземпляров из препаратов (рис. 6, *е, з*);

• морфотип *Alexialeks* представлен 8–12 иглами с Y-образным сечением (табл. II, III; см. вклейку), но у некоторых экземпляров основные иглы имеют субстержневидную форму между первичной внутренней и рудиментарной промежуточной сферами (табл. III, фиг. 5б).

Аналогичное внутренне строение скелета наблюдается у рода *Glomispina* Nestell et Nestell,

2021 (Nestell, Nestell, 2021). Внутренняя спикула или ее остатки обнаружены не были, но на очень маленькой ($D_s = 30\text{--}40$ мкм) пористой внутренней сфере (microsphere: Nestell, Nestell, 2021) берут свое начало многочисленные основные иглы, которые в интервале между первичной внутренней и промежуточной сферами имеют стержневидную форму, которая затем трансформируется в трехлопастную (рис. 8, б, з).

Все это может служить подтверждением предлагаемой автором гипотезе о переходном статусе внутреннего каркаса скелета от п-лучевой спикулы к истинной микросфере.

СЕМЕЙСТВО TETRENTACTINIIDAE

Думитрика (Dumitrica, 2011) высказал сомнения в валидности подсемейства Multisphaerinae на основании того, что все таксоны с четырехлучевой спикулой должны быть объединены в семейство Tetrentactiniidae Kozur et Mostler, 1979 (=триба Tetrentactiniini Kozur et Mostler, 1979).

Однако, согласно диагнозу Коцура и Мостлера (Kozur, Mostler, 1979), триба Tetrentactiniini объединяет радиолярий с одной решетчатой или губчатой, обычно шаровидной или тетраэдрической оболочкой². Четыре иглы внутренней спикулы направлены к вершинам тетраэдра и продолжают снаружи как основные иглы. Часто присутствующие вторичные иглы мало отличаются от основных игл. В состав трибы входят два рода — Tetrentactinia Foreman, 1963 и Tetragregnon Ormiston et Lane, 1976.

Думитрика (Dumitrica, 2011) объединил в семействе Tetrentactiniidae шесть родов из верхнего девона (фамен)—нижнего карбона (турне—визе) только на основании наличия четырехлучевой спикулы (рис. 9): Tetrentactinia, Tetragregnon, Tetraspongoactinia Won, 1998, Staurentactinia Schwartzapfel et Holdsworth, 1996, Ellipsostigma Hinde, 1899 и Triaenosphaera Deflandre, 1973. Кроме этого, Думитрика (Dumitrica, 2011) предложил рассматривать в составе семейства Tetrentactiniidae единственный раннепермский род Multisphaera Nazarov et Afanasieva in Afanasieva, 2000 с четырехлучевой спикулой (рис. 6).

При этом в одном семействе Tetrentactiniidae оказались объединены морфотипы с разными типами структуры скелетной ткани (пористые, губ-

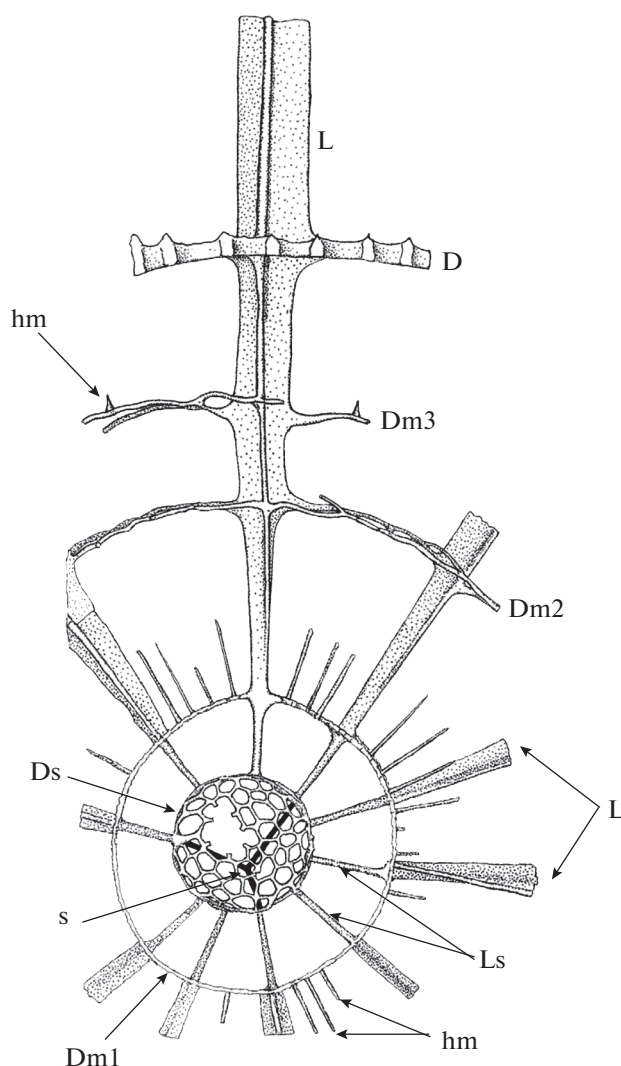


Рис. 7. Схема строения *Multisphaera imperseptata* Nazarov et Afanasieva in Afanasieva, 2000, emend. nov. (по: Dumitrica, 2011, рис. 1, с изменениями и дополнениями): D — внешняя сфера, Dm1, Dm2 и Dm3 — промежуточные сферы, Ds — первичная внутренняя сфера (микросфера), L — основные трехлопастные иглы, Ls — стержневидные иглы на первичной внутренней сфере (микросфере), hm — шипики на промежуточных сферах, s — четырехлучевая спикула.

чатые, сетчато-решетчатые) и разной геометрической формой скелета (рис. 6, 9): сферические (с одной, двумя и четырьмя оболочками скелета), эллипсоидальные и ставраксонные с четырьмя лучами. Они относятся к трем разным классам радиолярий: пористые *Sphaerellaria* (*Ellipsostigma*, *Multisphaera*, *Triaenosphaera*), губчато-решетчатые *Spumellaria* (*Tetrentactinia*, *Tetragregnon*, *Tetraspongoactinia*) и *Stauraxonaria* с четырьмя лучами-руками (*Staurentactinia*).

² Оригинальный диагноз трибы Tetrentactiniini Kozur et Mostler, 1979: "Einfache gegitterte oder spongiöse, meist kugelige, z. T. tetraedrische Schale. Die 4 internen Stacheln sind so angeordnet, daß sie in Richtung der 4 Spitzen eines Tetraeder ausstrahlen. Sie setzen sich außen als Hauptstacheln fort, wobei sie vielfach von Sekundärstacheln begleitet werden, die sich z. T. nur wenig von den Hauptstacheln unterscheiden" (Kozur, Mostler, 1979, с. 31).

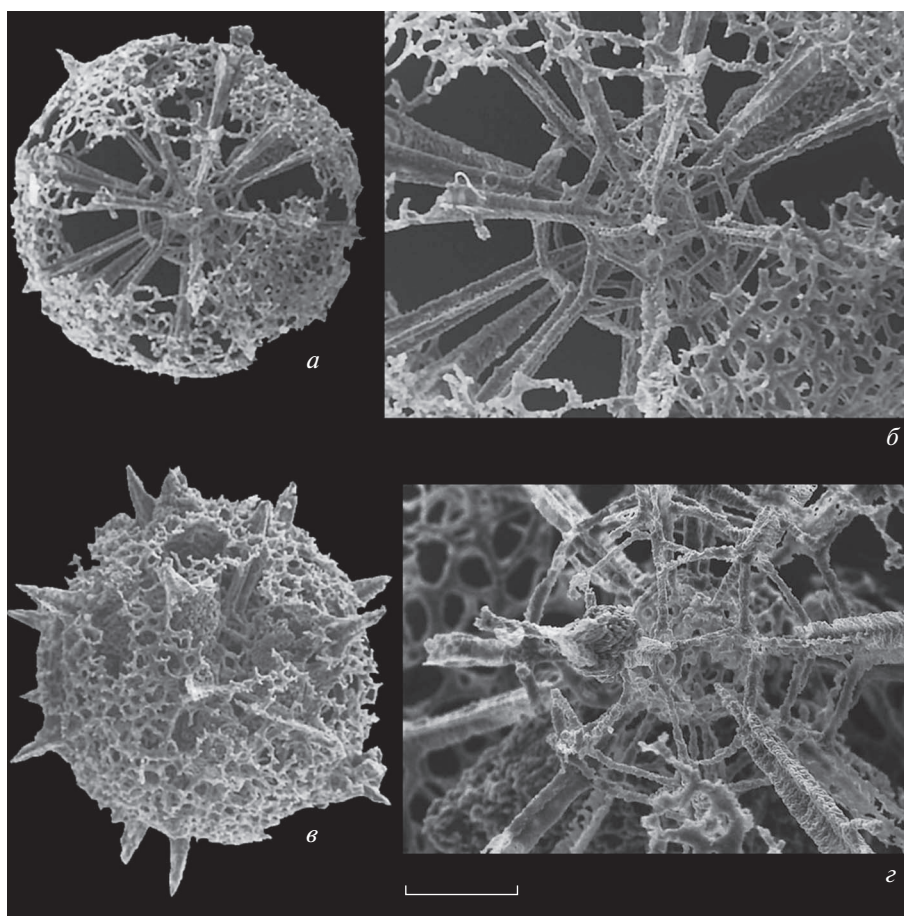


Рис. 8. *Glomispina mirifica* Nestell et Nestell, 2021: *a, б* – голотип № NMMNHS 80661 (Nestell, Nestell, 2021, табл. 2, фиг. 14a, b); *a* – штрих – 88 мкм, *б* – фрагмент, штрих = 44 мкм; *в* – экз. № NMMNHS 80659 (Nestell, Nestell, 2021, табл. 2, фиг. 12), штрих – 66 мкм; *г* – экз. № NMMNHS 80657 (Nestell, Nestell, 2021, табл. 2, фиг. 10c), штрих – 28 мкм; США, Техас, Гваделупские горы; средняя пермь (гваделупий), рудский ярус, формация Катофф, пачка Вильямс Ренч.

Более того, это смешение разных морфологических признаков таксонов закреплено Думитрикой в диагнозе семейства Tetrentactiniidae:³ “Губчатые или пористые (=latticed)⁴ Entactinaria палеозоя, имеющие четырехлучевую начальную спикулу с четырьмя лучами, исходящими из центра или от очень короткой срединной балки” (Dumitrica, 2011, с. 212).

Безусловно, спикула является очень важным и определяющим признаком высокого таксономического ранга: отряд, надсемейство, семейство

³ Диагноз семейства Tetrentactiniidae Kozur et Mostler, 1979: “Spongy or latticed Paleozoic Entactinaria having a tetrahedral initial spicule with the four rays originated in a centre or a very short median bar” (Dumitrica, 2011, с. 212).

⁴ “Latticed meshwork. Siliceous meshwork of bar separated by regular or irregular pores of variable size, not spongy in appearance (see spongy meshwork). ... Spongy meshwork. A skeletal structure of bars that fuse in a more or less regular pattern forming a foamy or loosely organized tissue (as opposed to lattice)” (De Wever et al., 2001, с. 452, 460).

(Афанасьева, 2000, 2002; Afanasieva et al., 2005; Афанасьева, Амон, 2006). Четырехлучевая спикула является универсальным первичным скелетным элементом радиолярий, устойчивым в пространстве и времени.

Скелет радиолярий состоит из опала ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), основной структурной единицей которого является кремнекислородный тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$ – анион ортокремниевой кислоты (Афанасьева, Вишневская, 1992; Точилина, 1997; Афанасьева, 2000, 2007). В вершинах тетраэдра находятся атомы кислорода, а в центре – атом кремния. Особенностью биогенного аморфного кремнезема является способность создавать сложные структуры из коротких трехмерных цепочек тетраэдров $[\text{SiO}_3]^{2-}$, которые могут образовывать соединения двух или более анионов через общий атом кислорода.

Данный элемент ультраструктуры первичного опала лежит в основе формирования первичной

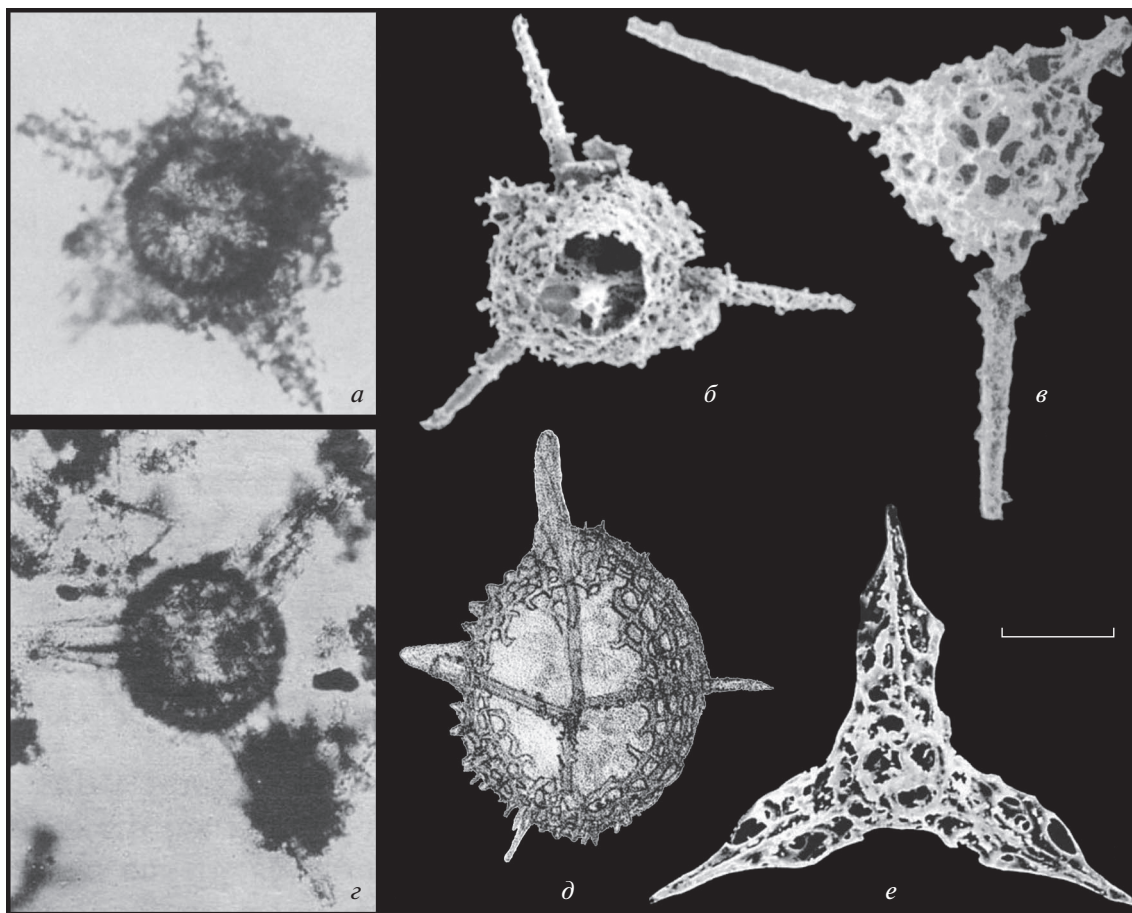


Рис. 9. Радиоларии семейства Tetrentactiniidae: *a* – *Tetrentactinia barysphaera* Foreman, 1963, штрих = 110 мкм (Foreman, 1963, с. 282, табл. 7, фиг. 9); верхний девон, фаменский ярус, формация Гурон, штат Огайо, США; *б* – *Tetraspongoactinia holdsworthi* Won, 1998, штрих = 63 мкм (Won, 1998, с. 257, табл. 4, фиг. 10); нижний карбон, верхнетурнейский подъярус, Рейнские Сланцевые горы, Германия; *в* – *Tetragregnon susamogensis* Ormiston et Lane, 1976, штрих = 134 мкм (Ormiston, Lane, 1976, с. 167, табл. 2, фиг. 6); нижний карбон, визейский ярус, формация Сикморе, горы Арбакл, штат Оклахома, США; *г* – *Triaenosphaera sicarius* Deflandre, 1973, штрих = 63 мкм (Deflandre, 1973, с. 1150, табл. 2, фиг. 3); нижний карбон, визейский ярус, горы Монтень-Нуар, Франция; *д* – *Ellipsostigma australe* Hinde, 1899, штрих = 46 мкм (Hinde, 1899, с. 51, табл. 9, фиг. 5); средний девон, живетский ярус, формация Яррими, Новый Южный Уэльс, Австралия; *е* – *Staurantactinia nazarovi* Schwartzapfel et Holdsworth, 1996, штрих = 65 мкм (Schwartzapfel, Holdsworth, 1996, с. 202, табл. 9, фиг. 8); верхний девон, верхнефаменский подъярус, формация Вудфорд, Кринер-Хиллз и горы Арбакл, штат Оклахома, США.

четырёхлучевой спикулы радиоларий, т.е. микроуровень проявляется на макроуровне. При этом внешняя форма скелета отражает общие закономерности молекулярного уровня. Возможно, именно четырёхлучевая спикула была прообразом первичного скелета у всех радиоларий (Афанасьева, Вишневская, 1992; Точилина, 1997; Афанасьева, 2000, 2007; Афанасьева, Амон, 2003).

Однако объединение разных морфотипов радиоларий в одном семействе только на основании наличия четырёхлучевой спикулы мне кажется неубедительным и опрометчивым. Вместе с тем, наличие четырёхлучевой спикулы в морфотипах разных эволюционных ветвей хорошо отражает параллелизм в развитии радиоларий.

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

СЕМЕЙСТВО ASTROENTACTINIIDAE NAZAROV
ET ORMISTON, 1985

ПОДСЕМЕЙСТВО MULTISPHAERINAE NAZAROV
ET AFANASIEVA IN AFANASIEVA, 2000, EMEND. NOV.

Multisphaerinae: Афанасьева, 2000, с. 74; Afanasieva et al., 2005, с. S272; Афанасьева, Амон, 2006, с. 108.

Типовой род – *Multisphaera* Nazarov et Afanasieva in Afanasieva, 2000.

Д и а г н о з. *Astroentactiniidae*, скелет которых состоит из трех и более пористых сфер; внутрен-

ний каркас представлен п-лучевой спикулой или микросферой с рудиментарной четырехлучевой спикулой и многочисленными стержневидными иглами; лучи спикулы и иглы микросферы связаны с многочисленными (от 8–12 до >24) основными трехлопастными иглами с Y-образным или Y-образным сечением.

С о с т а в. Два рода: типовой и *Alexialeks gen. nov.*; оба из ранней перми России, Южный Урал.

С р а в н е н и е. От подсемейства *Helioentactiniinae Afanasieva, 1999*, которое характеризуется наличием только двух оболочек скелета (пористой внутренней и пористой или сетчатой внешней сферы), а также от семейства *Glomispinidae Nestell et Nestell, 2021*, характеризующегося наличием трех оболочек скелета (тонкой сетчатой внешней, решетчатой промежуточной с очень большими многоугольными порами и очень маленькой пористой внутренней) подсемейство *Multisphaerinae* отличается формированием скелета из трех и более пористых сфер.

З а м е ч а н и я. Диагноз подсемейства: (1) изменен в связи с дополнительными данными, полученными Думитрикой (Dumitrica, 2011) при исследовании в препаратах трех экз. радиолярий типового рода из разреза Донское (рис. 1, V; рис. 6, e–u), и на основании особенностей строения скелета нового рода *Alexialeks gen. nov.*; (2) дополнен новым элементом скелета – микросфера с рудиментарной четырехлучевой спикулой и многочисленными стержневидными иглами.

Состав подсемейства изменен за счет изъятия ошибочно включенного рода *Callela Won, 1983* и добавления нового рода *Alexialeks gen. nov.*

Род *Multisphaera* Nazarov et Afanasieva in Afanasieva, 2000, emend. nov.

Entactiniinae gen. et sp. indet.: Назаров, 1988, с. 185.

Astoentactiniinae gen. et sp. indet.: Назаров, 1988, с. 195.

Multisphaera: Афанасьева, 2000, с. 75; Dumitrica, 2011, с. 208; Noble et al., 2017, с. 457.

Т и п о в о й в и д – *Multisphaera impersepta* Nazarov et Afanasieva in Afanasieva, 2000; Россия, Южный Урал; нижняя пермь, нижнеартинский подъярус.

Д и а г н о з. Раковина сферическая, очень большая ($D = 358–390$ мкм), с пятью пористыми оболочками и многочисленными коническими шипиками (рис. 6, д). Первичная внутренняя сфера (микросфера) очень маленькая ($D_s = 27–59$ мкм), пористая с многочисленными стержневидными иглами (рис. 6, a, e, z; 7, Ds, Ls). Внутренний каркас представлен рудиментарной четырехлучевой спикулой, которая расположена эксцентрично в микросфере (рис. 6, e, ж; 7, Ds, s). Многочисленные основные иглы (более 24) имеют трехлопастную форму с Y-образным сечением основания иг-

лы и тонкими прямыми лезвиями (рис. 6, a–z, u). Все основные иглы берут свое начало на поверхности первой промежуточной оболочки и являются продолжением стержневидных игл микросферы (первичной внутренней сферы), при этом только часть игл является продолжением лучей внутренней спикулы (рис. 6, e, z; 7, L, s).

В и д о в о й с о с т а в. Типовой вид.

С р а в н е н и е. См. род *Alexialeks gen. nov.*

З а м е ч а н и я. Диагноз рода дополнен новым элементом скелета, установленным в связи с дополнительными исследованиями Думитрики (Dumitrica, 2011) радиолярий из типового местонахождения разрез Донское – микросфера с рудиментарной четырехлучевой спикулой и многочисленными стержневидными иглами (рис. 6, e–z).


Длина основных игл за пределами внешней оболочки неизвестна, потому что все они обломаны на небольшом расстоянии от внешней поверхности скелета; но они должны были быть очень длинными, если судить по тому факту, что более-менее сохранившиеся иглы не проявляют тенденции к сужению (рис. 6, б, в, з, u).

Род *Alexialeks* Afanasieva, gen. nov.

Р о д н а з в а н в честь проф. Александра Сергеевича Алексеева; м.р.

Т и п о в о й в и д – *Alexialeks alius sp. nov.*

Д и а г н о з. Раковина сферическая, большая и очень большая ($D = 200–295$ мкм), с тремя пористыми оболочками. Внешняя оболочка с многочисленными порами разного размера и округло-овального очертания. На узлах межпоровых перегородок расположены конические шипики. На кончиках шипиков развивается дополнительная тончайшая скелетная вуаль толщиной менее 2 мкм, которая сохраняется крайне редко (рис. 3, a; табл. II, фиг. 3в). Промежуточная сфера большая ($D_m = 67–95$ мкм), тонкостенная и составляет в среднем 31–40% от диаметра внешней сферы. Сфера пронизана многочисленными крупными округло-полигональными порами. На узлах межпоровых перегородок расположены тонкие стержневидные шипики. В некоторых случаях наблюдаются только рудиментарные остатки недоразвитой промежуточной сферы (табл. III, фиг. 2a, 2б, 5a, 5б, 7a, 7б), которая составляет в среднем 32% от диаметра внешней сферы и занимает примерно такое же положение, что и развитая промежуточная сфера. Внутренняя первичная сфера очень маленькая ($D_s = 27–59$ мкм), очень толстостенная ($D_s/t_s = 13.3–20.5$) и составляет, в среднем, 13–18% от диаметра внешней сферы. Первичная сфера пронизана большими округлыми порами. На узлах межпоровых перегородок расположены длинные тонкие стержневидные шипики.


Основные иглы (числом от 8 до 12) трехлопастные, с -образным сечением основания иглы. Исключение составляют некоторые представители рода, которые характеризуются формированием субстержневидной начальной части основных игл в интервале между внутренней и рудиментарной промежуточной сферами (табл. III, фиг. 5б).

Внутренний каркас полностью не установлен, но внутри первичной сферы иногда наблюдаются остатки спикулы, которые дают возможность предполагать ее реальное присутствие (табл. II, фиг. 6в). Продолжением лучей гипотетической спикулы являются основные иглы, число которых позволяет сделать вывод о том, что внутренний каркас представлен восьми- или n-лучевой спикулой.

Видовой состав. Три вида из нижней перми Южного Урала России: типовой вид из верхнеассельского и иренского горизонта кунгурского яруса; *A. distinctus* sp. nov. из верхнесакмарского и нижнеартинского подъярусов, саранинского и иренского горизонтов кунгурского яруса; *A. uralicus* (Kozur et Mostler, 1989) из иренского горизонта кунгурского яруса.

Сравнение. От рода *Multisphaera* новый род отличается:

(1) формированием скелета из трех сфер, в отличие от скелета *Multisphaera* с пятью оболочками;

(2) наличием 8–12 основных трехлопастных игл с -образным сечением основания иглы, тогда как многочисленные (>24) иглы *Multisphaera* характеризуются Y-образным сечением трехлопастных игл (рис. 6, а–г);

(3) основные иглы *Alexialeks*, как правило, имеют трехлопастную форму на всем своем протяжении, за редким исключением (табл. III, фиг. 5б), тогда как основные иглы *Multisphaera* отличаются трехлопастной формой основных игл в интервале между внутренними оболочками и на поверхности скелета (рис. 6, а–г, е, з, и), при этом у *Multisphaera* они являются продолжением стержневидных игл микросферы (рис. 6, а, е, з, и);

(4) внутренний каркас *Alexialeks* представлен гипотетической восьми- или n-лучевой спикулой, занимающей центральное положение в первичной внутренней сфере (табл. II, фиг. 6в), тогда как *Multisphaera* характеризуется внутренним каркасом в виде микросферы с рудиментарной, эксцентрично расположенной четырехлучевой спикулой и многочисленными стержневидными иглами (рис. 6, а, е–з; 7, Ds, s, Ls).

З а м е ч а н и я. В результате морфологического исследования пересмотрено систематическое положение *Helioentactinia uralica* и двух разных морфотипов *Helioentactinia* sp. (Kozur, Mostler,

1989). В настоящей работе они рассматриваются в составе нового рода *Alexialeks* gen. nov. и относятся к виду *A. uralicus* (Kozur et Mostler, 1989) и двум новым видам – *A. alius* sp. nov. и *A. distinctus* sp. nov.

Интересно отметить конвергентное сходство нового раннепермского рода *Alexialeks* gen. nov. с родом *Glomispina* Nestell et Nestell, 2021 из роудского и вордского ярусов средней перми (гваделупий) Гваделупских гор штата Техас, США.

На основании наличия трех оболочек скелета Г. Нестелл и М. Нестелл (Nestell, Nestell, 2021) допускали возможность отнесения вида *Helioentactinia uralica* Kozur et Mostler, 1989 и двух неописанных морфотипов *Helioentactinia* sp. (Kozur, Mostler, 1989) к роду *Glomispina* (рис. 8). Однако среднепермские морфотипы *Glomispina* с сетчатой внешней и решетчатой промежуточной сферами принципиально отличаются от раннепермских морфотипов *Alexialeks* с тремя пористыми оболочками скелета. Кроме того, основные иглы *Glomispina* имеют стержневидную форму в интервале между первичной внутренней и промежуточной сферами (рис. 8, б, г), тогда как основные иглы *Alexialeks* на всем своем протяжении имеют трехлопастную форму, за редким исключением (табл. III, фиг. 5б).

Alexialeks uralicus (Kozur et Mostler, 1989) emend. nov.

Helioentactinia uralica: Kozur, Mostler, 1989, с. 193, табл. 15, фиг. 7а, б; табл. 16, фиг. 2, 3а, б.

Helioentactinia sp.: Kozur, Mostler, 1989, с. 249, табл. 17, фиг. 3.

Г о л о т и п – № КоМо-1979/1-62; Россия, Южный Урал, р. Ай, разрез Алегазово; нижняя пермь, кунгурский ярус, иренский горизонт, зона конодонтов *Neostreptognathodus imperfectus*.

О п и с а н и е (рис. 2). Раковина сферическая, очень большая ($D = 200–250$ мкм), состоящая из трех пористых оболочек. Внешняя оболочка тонкостенная ($D/tw = 50–70$), с многочисленными крупными порами ($D/dp = 20.5–25.0$). Поры разного размера и округло-овального очертания. Межпоровые перегородки относительно широкие ($dp/wp = 2.5–3.3$). На узлах межпоровых перегородок расположены многочисленные длинные ($D/h = 21.0–33.3$) конические шипики.

Промежуточная сфера очень большая ($Dm = 85–95$ мкм; $D/Dm = 2.4–2.6$), тонкостенная ($Dm/tm = 31.7–42.5$) и составляет 38.4–42.5% от диаметра внешней сферы. Сфера пронизана многочисленными крупными округло-полигональными порами ($Dm/dm = 12.1–15.8$). Межпоровые перегородки широкие ($dm/wm = 1.5–2.7$).

Первичная внутренняя сфера очень маленькая ($Ds = 37–45$ мкм; $D/Ds = 4.7–6.1$), толстостенная ($Ds/ts = 19$) и составляет 16.4–21.4% от диаметра

внешней сферы. Относительно большие поры внутренней сферы ($D_s/d_s = 12.7-13.7$) расположены довольно равномерно и имеют форму от пятиугольника до шестиугольника. Межпоровые перегородки очень широкие ($d_s/w_s = 2.0$). На поверхности сферы расположены отдельные длинные шипики.

Основные иглы (в количестве от 8 до 12) относительно короткие ($L = 52-65$ мкм; $L/D = 0.2-$

0.3), трехлопастные, с -образным сечением основания иглы.

Внутренняя спикула не установлена. Однако наличие основных игл позволяет сделать вывод о том, что внутренний каркас, вероятно, представлен восьми- или п-лучевой спикулой.

Р а з м е р ы:

Абсолютные в мкм

Экземпляр	Внешняя сфера					Промежуточная сфера				Первичная сфера				Основные иглы	
	D	dp	wp	tw	h	Dm	dm	wm	tm	Ds	ds	ws	ts	L	wL
голотип, № КоМо-1979/I-62	250	10	4	5	9	95	6	4	3	41	3	—	—	65	29
№ КоМо-1979/I-63a	200	8	3	3	6	85	7	3	2	38	3	1.5	2	—	19
№ КоМо-1979/I-63b	225	11	3	4	10	90	—	—	—	37	—	—	—	53	26
№ КоМо-1979/I-65	210	10	3	3	10	85	—	—	—	45	3	—	—	54	25

Относительные

Экземпляр	Внешняя сфера					Промежуточная сфера				Первичная сфера				Основные иглы	
	D/dp	dp/wp	dp/tw	D/tw	D/h	D/Dm	Dm/dm	dm/wm	Dm/tm	D/Ds	Ds/ds	ds/ws	Ds/ts	L/D	L/wL
голотип, № КоМо-1979/I-62	25.0	2.5	2.0	50.0	27.8	2.6	15.8	1.5	31.7	6.1	13.7	—	—	0.3	2.2
№ КоМо-1979/I-63a	25.0	2.7	2.7	66.7	33.3	2.4	12.1	2.7	42.5	5.3	12.7	2.0	19.0	—	—
№ КоМо-1979/I-63b	20.5	3.7	2.8	56.3	22.5	2.5	—	—	—	6.1	—	—	—	0.2	2.0
№ КоМо-1979/I-65	21.0	3.3	3.3	70.0	21.0	2.5	—	—	—	4.7	13.0	—	—	0.3	2.1

Обозначения (здесь и далее): внешняя сфера (D — диаметр, dp — диаметр пор, wp — ширина межпоровой перегородки, tw — толщина стенки, h — высота шипиков); промежуточная сфера (Dm — диаметр, dm — диаметр пор, wm — ширина межпоровой перегородки, tm — толщина стенки, hm — высота шипиков); первичная внутренняя сфера (Ds — диаметр, ds — диаметр пор, ws — ширина межпоровой перегородки, ts — толщина стенки, hs — высота шипиков); основные иглы (L — длина, wL — ширина основания).

С р а в н е н и е. От нового вида *A. alius* sp. nov., характеризующегося крупной толстостенной внешней оболочкой скелета и крайне тонкостенной промежуточной сферой, *A. uralicus* отличается меньшими размерами скелета, формированием тонкостенной внешней и промежуточной оболочек скелета; кроме того, у *A. uralicus* промежуточная и первичная внутренняя сфера занимают, в среднем, большее внутреннее пространство скелета: 40.4 и 18.3%, соответственно, от диаметра внешней сферы.

З а м е ч а н и я. На основании фотоматериалов, опубликованных Коцуром и Мостлером (Kozur, Mostler, 1989, табл. 15, фиг. 7a, b; табл. 16, фиг. 2, 3a, b; табл. 17, фиг. 3), было осуществлено дополнительное измерение скелетов *Helioentac-*

tinia uralica и *Helioentactinia* sp. Выяснить с абсолютной точностью истинное значение измеряемых элементов скелета практически невозможно, однако в рамках погрешности новое измерение морфометрических параметров показало достаточную сопоставимость величин диаметров внешней, промежуточной и внутренней сферы⁵, следовательно, абсолютные и относительные величины других элементов скелета также можно считать валидными.

Несколько бóльшими оказались размеры промежуточной сферы: 85–95 мкм вместо указанных

⁵ “Размеры: диаметр внешней оболочки: 200–294 мкм; диаметр внутренней оболочки: 37–41 мкм; диаметр нежной промежуточной оболочки: 79–85 мкм” (Kozur, Mostler, 1989, с. 193).

79–85 мкм (Kozur, Mostler, 1989), что, вероятно, можно объяснить плохой сохранностью и трудностью идентификации промежуточной сферы, особенно у экз. №№ КоМо-1979/1-62 и КоМо-1979/1-63b (рис. 2, а–в). Однако диаметр внешней оболочки оказался меньше ($D = 200–250$ мкм), чем было указано ранее ($D = 200–294$ мкм) (Kozur, Mostler, 1989). Это связано с тем, что экз. № КоМо-1979/1-63с с большим диаметром внешней сферы ($D = 294$ мкм) рассматривается в составе вида *Alexialeks alius* sp. nov (рис. 3, а, б).

М а т е р и а л. Четыре экз. из типового местонахождения (рис. 1, I; рис. 2).

Alexialeks alius Afanasieva, sp. nov.

Табл. II, фиг. 1–6

Helioentactinia uralica: Kozur, Mostler, 1989, с. 193, табл. 16, фиг. 1a, b.

Helioentactinia sp. 258: Afanasieva, 2021, с. 857, табл. 2, фиг. 3.

Н а з в а н и е вида *alius* *лат.* – иной, непохожий.


Г о л о т и п – ПИН, № 16455; Россия, Южный Урал, р. Сакмара, разрез Кондуровский; нижняя пермь, верхнеассельский подъярус, шиханский горизонт, зона конодонтов *Streptognathodus postfusus*–*Streptognathodus barskovi*.

О п и с а н и е (рис. 3, а, б). Раковина сферическая, очень большая ($D = 212–294$ мкм), состоящая из трех пористых оболочек. Внешняя оболочка толстостенная ($D/tw = 19.3–28.8$) с многочисленными маленькими порами ($D/dp = 31.4–48.0$). Поры разного размера и округло-овального очертания. Поровые каналы очень узкие ($dp/tw = 0.5–0.6$), а межпоровые перегородки очень широкие ($dp/wp = 1.0–1.5$). На узлах межпоровых перегородок расположены многочисленные короткие ($D/h = 32.3–58.3$) конические шипики. На кончиках шипиков внешней сферы развивается дополнительная очень тонкая скелетная вуаль толщиной менее 2 мкм с очень маленькими порами

диаметром 2–3 мкм. Эта вуаль сохраняется крайне редко в связи с формированием тончайшей скелетной ткани (рис. 3, а; табл. II, фиг. 3в).

Промежуточная сфера большая ($Dm = 67–81$ мкм; $D/Dm = 2.9–3.6$), крайне тонкостенная ($Dm/tm = 101.3–148.0$) и составляет 27.8–34.0% от диаметра внешней сферы. Сфера пронизана многочисленными большими округло-полигональными порами ($Dm/dm = 11.2–13.7$). Межпоровые перегородки очень тонкие ($dm/wm = 6–12$). На узлах межпоровых перегородок промежуточной сферы расположены многочисленные очень длинные тонкие, стержневидные шипики ($hm \leq 22$ мкм; $Dm/hm = 3.6–16.8$) (табл. II, фиг. 3а, 5).

Первичная внутренняя сфера пористая, очень маленькая ($Ds = 27–41$ мкм; $D/Ds = 6.6–8.6$), очень толстостенная ($Ds/ts = 13.3–15.5$) и составляет 11.6–14.6% от диаметра внешней сферы. Сфера пронизана большими округлыми порами ($Ds/ds = 13.5–20.0$). Межпоровые перегородки округлые и очень широкие ($ds/ws = 0.7–1.5$). На узлах межпоровых перегородок внутренней сферы расположены многочисленные очень длинные тонкие стержневидные шипики ($hs = 6–8$ мкм; $Ds/hs = 4.5–5.2$) (табл. II, фиг. 4в, 6в). Внутри первичной сферы наблюдаются остатки спикулы, расположение которых дает возможность предполагать центральное положение спикулы в первичной сфере (табл. II, фиг. 6в). Продолжением лучей гипотетической спикулы являются восемь основных игл (табл. II, фиг. 2а, 2б, 4а, 4б). Это позволяет сделать вывод о том, что внутренний каркас, вероятно, представлен восьмилучевой спикулой.

Сохранившиеся основные иглы относительно короткие ($L = 53–63$ мкм; $L/D = 0.22$), трехлопастные, с -образным сечением основания иглы (табл. II, фиг. 3б, 5).

Р а з м е р ы:

Абсолютные в мкм

Экземпляр	Внешняя сфера					Промежуточная сфера					Первичная сфера					Основные иглы	
	D	dp	wp	tw	h	Dm	dm	wm	tm	hm	Ds	ds	ws	ts	hs	L	wL
голотип, ПИН, № 16455	288	6	4	10	8	80	7	0.7	0.7	22	40	2	3	3	–	63	35
ПИН, № 16492	220	7	5	8	6	74	6	0.5	0.5	–	30	1.5	2	2	6	–	13
ПИН, № 16505	212	5	5	11	6	71	6	0.5	0.5	–	31	2	1.5	2	–	–	24
ПИН, № 16521	233	6	5	12	4	67	6	0.5	0.5	4	27	2	1.7	2	6	–	16
ПИН, № 16342	238	6	4	10	8	81	6	1.0	0.8	19	30	–	–	–	–	53	41
№ КоМо-1979/1-63с	294	–	–	12	9	82	6	1.0	0.6	10	41	3	2	3	8	–	34

Относительные

Экземпляр	Внешняя сфера					Промежуточная сфера					Первичная сфера					Основные иглы	
	D/dp	dp/wp	dp/tw	D/tw	D/h	D/Dm	Dm/dm	dm/wm	Dm/tm	Dm/hm	D/Ds	Ds/ds	ds/ws	Ds/ts	Ds/hs	L/D	L/wL
голотип, ПИН, № 16455	48.0	1.5	0.6	28.8	36.0	3.6	11.4	10	114.3	3.6	6.6	20.0	0.7	13.3	—	0.22	1.8
ПИН, № 16492	31.4	1.4	0.6	27.5	36.7	3.0	12.3	12	148.0	—	7.3	20.0	0.8	15.0	5.0	—	—
ПИН, № 16505	42.4	1.0	0.5	19.3	35.3	3.0	11.8	12	142.0	—	6.8	15.5	1.3	15.5	—	—	—
ПИН, № 16521	38.8	1.2	0.5	19.4	58.3	3.5	11.2	12	134.0	16.8	8.6	13.5	1.2	13.5	4.5	—	—
ПИН, № 16342	39.7	1.5	0.6	23.8	29.8	2.9	13.5	6	101.3	4.3	7.9	—	—	—	—	0.22	1.3
№ КоМо-1979/1-63с	—	—	—	24.5	32.7	3.6	13.7	6	136.7	8.2	7.2	13.7	1.5	13.7	5.2	—	—

С р а в н е н и е. От вида *A. uralicus*, характеризующегося формированием тонкостенной внешней и промежуточной оболочек скелета, новый вид *A. alius* отличается формированием крупной толстостенной внешней оболочки скелета и крайне тонкостенной промежуточной сферы; кроме того, промежуточная и первичная внутренняя сфера у *A. alius* занимают, в среднем, на 30% меньшее внутреннее пространство скелета, которое составляет 30.9 и 13.4%, соответственно, от диаметра внешней сферы.

З а м е ч а н и е. Размер диаметра внешней сферы изменяется в позднеассельском веке от 212 до 288 мкм и достигает максимального значения 294 мкм в позднем кунгуре (рис. 3, а).

М а т е р и а л. 12 экз. из нижнепермских отложений Южного Урала России: 11 экз. из типового местонахождения (рис. 1, IV) и один экз. из кунгурских отложений (иренский горизонт, зона конодонтов *Neostreptognathodus imperfectus*) отложений разреза Алегазово на р. Ай (Kozur, Mostler, 1989) (рис. 1, I; рис. 3, а, б).

Alexialeks distinctus Afanasieva, sp. nov.

Табл. III, фиг. 1–7

Helioentactinia sp.: Kozur, Mostler, 1989, табл. 16, фиг. 4, табл. 17, фиг. 2.

Helioentactinia sp. C: Afanasieva et al., 2022, табл. 3, фиг. 15, табл. 5, фиг. 15.


Н а з в а н и е в и д а *distinctus* *lat.* — отличающийся, отличный.

Г о л о т и п — КФУ, № 17719; Россия, Южный Урал, р. Юрюзань, разрез Мечетлино, слой 12; нижняя пермь, кунгурский ярус, саранинский горизонт, зона конодонтов *Neostreptognathodus pnevi*.

О п и с а н и е (рис. 3, в, г). Раковина сферическая, большая и очень большая ($D = 230–295$ мкм), состоящая из двух пористых оболочек и рудиментарных остатков недоразвитой промежуточной сферы (табл. III, фиг. 2а, 2б, 5а, 5б, 7а, 7б). Недоразвитая промежуточная сфера составляет 25.8–38.3% от диаметра внешней сферы.

Внешняя оболочка толстостенная ($D/tw = 21.9–25.6$), с многочисленными крупными порами ($D/dp = 20.9–25.6$). Поры разного размера и округло-овального очертания. Поровые каналы узкие ($dp/tw = 0.9–1.2$), а межпоровые перегородки широкие ($dp/wp = 2.3–3.0$). На узлах межпоровых перегородок расположены многочисленные длинные ($D/h = 18.8–28.8$) конические шипики.

Первичная внутренняя сфера пористая, очень маленькая ($Ds = 40–59$ мкм; $D/Ds = 4.6–6.5$), очень толстостенная ($Ds/ts = 13.3–20.5$) и составляет 14.8–21.7% от диаметра внешней сферы. Сфера пронизана большими округлыми порами ($Ds/ds = 10–20$). Межпоровые перегородки округлые и очень широкие ($ds/ws = 1.0–1.5$). На узлах межпоровых перегородок первичной сферы расположены многочисленные очень длинные тонкие стержневидные шипики ($hs = 4$ мкм; $Ds/hs = 10$).

Восемь основных игл относительно короткие ($L/D = 0.2–0.5$), массивные ($L/wL = 1.7–4.1$), трехлопастные, с -образным сечением основания иглы. Однако некоторые морфотипы характеризуются формированием субстержневидной начальной части основных игл в интервале между первичной внутренней и рудиментарной промежуточной сферами (табл. III, фиг. 5б).

Внутренняя спикула не обнаружена. Однако наличие восьми основных игл позволяет сделать вывод о том, что внутренний каркас, вероятно, был представлен восьмилучевой спикулой.

Размеры:

Абсолютные в мкм

Экземпляр	Внешняя сфера					Первичная внутренняя сфера					Основные иглы	
	D	dp	wp	tw	h	Ds	ds	ws	ts	hs	L	wL
голотип, КФУ, № 17719	263	11	4	12	14	41	3	2	2	—	80	30
КФУ, № 17748	295	12	4	12	15	50	3	2	—	—	151	37
КФУ, № 10-1/9-3	270	12	4	12	11	40	2	2	2	—	56	33
КФУ, № 10-1/9-20	272	13	4	11	10	59	3	2	—	—	98	31
№ КоМо-1979/I-64	230	9	4	9	8	40	4	3	3	4	—	30

Относительные

Экземпляр	Внешняя сфера					Первичная внутренняя сфера					Основные иглы	
	D/dp	dp/wp	dp/tw	D/tw	D/h	D/Ds	Ds/ds	ds/ws	Ds/ts	Ds/hs	L/D	L/wL
голотип, КФУ, № 17719	23.9	2.8	0.9	21.9	18.8	6.4	13.7	1.5	20.5	—	0.3	2.7
КФУ, № 17748	24.6	3.0	1.0	24.6	19.7	5.9	16.7	1.5	—	—	0.5	4.1
КФУ, № 10-1/9-3	22.5	3.0	1.0	22.5	24.6	6.8	20.0	1.0	20.0	—	0.2	1.7
КФУ, № 10-1/9-20	20.9	2.3	1.2	24.7	27.2	4.6	19.7	1.5	—	—	0.4	3.2
№ КоМо-1979/I-64	25.6	2.3	1.0	25.6	28.8	5.8	10.0	1.3	13.3	10.0	—	—

С р а в н е н и е. От видов *A. uralicus* и *A. alius* sp. nov., характеризующихся формированием внутренней оболочки скелета, *A. distinctus* sp. nov. отличается развитием наиболее крупного скелета ($D \leq 295$ мкм) и наличием только рудиментарных остатков недоразвитой промежуточной сферы, которая составляет в среднем 32% от диаметра внешней сферы. Кроме того, отдельные морфотипы *A. distinctus* характеризуются формированием субстержневидной начальной части основных игл в интервале между первичной внутренней и рудиментарной промежуточной сферами (табл. III, фиг. 5б).

З а м е ч а н и е. Отмечено уменьшение в геологическом масштабе времени диаметра внешней сферы от 270–272 мкм в позднеарктическое–раннеарктическое время и 263–295 мкм в начале кунгурского века (саранинское время) до 230 мкм в иренское время (рис. 3, з).

М а т е р и а л. 21 экз. из нижнепермских отложений Южного Урала, Россия: 13 экз. из типового местонахождения (рис. 1, II); один экз. из кунгурских отложений (иренский горизонт, зона конодонтов *Neostreptognathodus imperfectus*) разреза Алегазово на р. Ай (рис. 1, I; 3, в, з) (Kozur, Mostler, 1989, табл. 16, фиг. 4, табл. 17, фиг. 2); пять экз. из отложений траншеи Дальний Тюлькас близ пос. Красноустьинский (рис. 1, III) (Afanasyeva et al., 2022): четыре экз. из слоя 10-1 нижнеарктических отложений (бурцевский горизонт, зона

конодонтов *Sweetognathus asymmetricus*), один экз. из слоя 7-2 верхнесакмарских отложений (стерлитамакский горизонт, зона конодонтов *Sweetognathus anceps*); два экз. из слоя 8 (образец 5/21) нижнеарктических отложений разреза Донское на р. Урал.

Автор приносит свою искреннюю благодарность А.С. Алексею, Г.П. Нестелл и В.С. Вишневецкой за ценные советы и конструктивные рекомендации; В.В. Черныху за консультации относительно возраста вмещающих пород; Г.М. Сунгатуллиной и Р.Х. Сунгатуллину за любезно предоставленный материал по радиоляриям из отложений нижнего кунгура разреза Мечетлино; Э.А. Гайнуллиной за любезно предоставленный материал по радиоляриям из отложений нижнеарктического подъяруса разреза Донское; Б.М. Галиуллину за фотографирование радиолярий на растровом электронном микроскопе; А.Ф. Банникову, М.А. Кнорре и Е.А. Лужной за ценные советы и помощь при подготовке статьи к печати.

Авторские права на фотографии радиолярий, восстановленные из работы Kozur, Mostler, 1989, принадлежат “©Universität Innsbruck, Institut für Geologie” и используются с любезного разрешения Prof. Dr. Diethard Sanders. Авторские права на фотографии радиолярий из работы Nestell, Nest-

ell, 2021, принадлежат “©Micropaleontology” и используются с любезного разрешения редактора Dr. Mike Kaminski.

Коллекция радиолярий ассельского и артинского ярусов нижней перми № 5481 хранится в Палеонтологическом ин-те им. А.А. Борисяка РАН (ПИН). Коллекция радиолярий кунгурского яруса нижней перми находится в Казанском федеральном ун-те (КФУ).

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.

Измерения элементов скелетов радиолярий и морфометрический анализ абсолютных и относительных значений параметров раковин радиолярий палеозоя проводились по стандартной методике (рис. 5) (Афанасьева, 2000; Afanasieva et al., 2005; Афанасьева, Амон, 2006).

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Афанасьева М.С.* Атлас радиолярий палеозоя Русской платформы. М.: Научный мир, 2000. 480 с.
- Афанасьева М.С.* Новая классификация радиолярий палеозоя // Палеонтол. журн. 2002. № 2. С. 14–29.
- Афанасьева М.С.* Скелет радиолярий: морфология игл, внутреннего каркаса и первичной внутренней сферы // Палеонтол. журн. 2007. № 1. С. 3–14.
- Афанасьева М.С.* Систематическое положение рода *Entactinosphaera* Foreman, 1963 и новый род *Retientactinosphaera* gen. nov. (радиолярии палеозоя) // Палеонтол. журн. 2011. № 2. С. 3–13.
- Афанасьева М.С., Амон Э.О.* Новая классификация радиолярий // Палеонтол. журн. 2003. № 6. С. 72–86.
- Афанасьева М.С., Амон Э.О.* Радиолярии. М.: ПИН РАН, 2006. 320 с.
- Афанасьева М.С., Вишневская В.С.* Возможные причины появления кремневого скелета радиолярий // Докл. Акад. наук. 1992. Т. 325. № 3. С. 590–596.
- 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).
- Назаров Б.Б.* Радиолярии палеозоя. Т. 2. Л.: Недра, 1988. 232 с.
- Петрушевская М.Г.* Радиоляриевый анализ. Л.: Наука, 1986. 200 с.
- Точилина С.В.* Проблемы систематики *Nassellaria*. Биохимические особенности эволюции. Владивосток: ДВО РАН, 1997. 71 с.
- Afanasieva M.S.* Asselian and Sakmarian (Lower Permian) radiolarian ecozones in the South Urals, Russia // Paleontol. J. 2021. V. 55. № 8. P. 825–862.
- 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.
- Afanasieva M.S., Chernykh V.V., Sungatullina G.M et al.* Radiolarians, conodonts, and palynomorphs from the Sakmarian–Artinskian boundary beds (Lower Permian) in the Dal’ny Tulkas section, South Urals, Russia // Paleontol. J. 2022. V. 56. № 9. P. 975–1025.
- De Wever P., Dumitrica P., Caulet J.P. et al.* Radiolarians in the Sedimentary Record. Amsterdam: Gordon and Breach Sci. Publ., 2001. 533 p.
- 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. 1973. Sér. D, Sci. natur. V. 276. № 1. P. 1147–1151.
- Dumitrica P.* On the status of the Permian radiolarian genus *Multisphaera* Nazarov and Afanasieva, 2000 // Rev. micropaléontol. 2011. V. 54. P. 207–213.
- Feng Q.L., Gu S., He W., Jin Y.* Latest Permian Entactinaria (Radiolaria) from southern Guangxi, China // J. Micropaleontol. 2007. V. 26. № 1. P. 19–40.
- Foreman H.P.* Upper Devonian Radiolaria from the Huron Member of the Ohio Shale // Micropaleontology. 1963. V. 9. № 3. P. 267–304.
- Hinde G.J.* On the Radiolaria in the Devonian Rocks of New South Wales // Quart. J. Geol. Soc. London. 1899. V. 55. P. 38–64.
- Jones M.K., Noble P.J.* Sheinwoodian (uppermost Lower Silurian) Radiolaria from the Cape Phillips Formation, Nunavut, Canada // Micropaleontology. 2006. V. 52. P. 289–315.
- Kozur H., Mostler H.* Beiträge zur Erforschung der mesozoischen Radiolarien. Teil III: Die Oberfamilien Actinomacea Haeckel, 1862 emend., Artiscacea Haeckel, 1882, Multiarcusellacea nov. der Spumellaria und triassische Nassellaria // Geol. Paläontol. Mitt. Innsbruck. 1979. Bd 9. S. 1–132.
- Kozur H., Mostler H.* Radiolarien und Schwammskleren aus dem Unterperm des Vorurals // Geol. Paläontol. Mitt. Innsbruck. 1989. Sonderband 2. S. 147–275.
- Nestell G.P., Nestell M.K.* Late Capitanian (latest Guadalupian, Middle Permian) radiolarians from the Apache Mountains, West Texas // Micropaleontology. 2010. V. 56. P. 7–68.
- Nestell G.P., Nestell M.K.* Roadian (Earliest Guadalupian, Middle Permian) radiolarians from the Guadalupe Mountains, West Texas, USA. Part II: spongy radiolarians (Entactinaria? and Spumellaria) // Micropaleontology. 2021. V. 67. P. 527–555.
- 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.
- Schwartzapfel J.A., Holdsworth B.K.* Upper Devonian and Mississippian Radiolarian Zonation and Biostratigraphy of the Woodford, Sycamore, Caney and Goddard Formations, Oklahoma // Cushman Foundation for Foraminiferal Research. 1996. Spec. Publ. № 33. P. 1–275.
- Wang Y.J., Kuang G.D.* Early Carboniferous radiolarians from Qinzhou, southeastern Guangxi // Acta Micropaleontol. Sin. 1993. V. 10. № 2. P. 275–287.

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.

Won M.Z., Iams W.J. Early/Middle Arenig (Late Floian) Radiolarian Faunal Assemblages from Cow Head Group, Western Newfoundland // Palaeontographica. Abt. A. 2015. Vol. 304. № 1–6. P. 1–63.

Объяснение к таблице II

Фиг. 1–6. *Alexialeks alius* sp. nov.: 1 – экз. ПИН, № 16453, штрих = 84 мкм; 2 – экз. ПИН, № 16505: 2a – штрих = 67 мкм, 2б – фрагмент, штрих = 24 мкм; 3 – голотип ПИН, № 16455: 3a – фрагмент, штрих = 32 мкм, 3б – штрих = 94 мкм, 3в – фрагмент, штрих = 38 мкм; 4 – экз. ПИН, № 16492: 4a – фрагмент, штрих = 24 мкм, 4б – штрих = 71 мкм, 4в – фрагмент, штрих = 9 мкм; 5 – экз. ПИН, № 16342, фрагмент, штрих = 60 мкм; 6 – экз. ПИН, № 16521: 6a – штрих = 76 мкм, 6б – фрагмент, штрих = 11 мкм, 6в – фрагмент скелета с остатками внутренней спикулы, штрих = 24 мкм. Россия, Южный Урал, р. Сакмара, разрез Кондуровский; нижняя пермь, верхнеассельский подъярус, шиханский горизонт, зона конодонтов *Streptognathodus postfusius*–*Streptognathodus barskovi*.

Объяснение к таблице III

Фиг. 1–7. *Alexialeks distinctus* sp. nov.: 1 – экз. КФУ, № 17710, штрих = 110 мкм; 2 – голотип КФУ, № 17719: 2a – штрих = 100 мкм, 2б – фрагмент скелета с рудиментарными остатками недоразвитой промежуточной сферы, штрих = 35 мкм; 3 – экз. КФУ, № 17748, штрих = 110 мкм; 4 – экз. КФУ, № 10-1/9-20, штрих = 95 мкм; 5 – экз. КФУ, № 10-1/9-3: 5a – штрих = 95 мкм, 5б – фрагмент скелета с рудиментарными остатками недоразвитой промежуточной сферы и субстержневидной начальной частью основных игл, штрих = 35 мкм; 6 – экз. КФУ, № 7-2/1-44: 6a – штрих = 95 мкм, 6б – фрагмент, штрих = 38 мкм; 7 – экз. ПИН, № 8-5/21-15: 7a – штрих = 87 мкм, 7б – фрагмент скелета с рудиментарными остатками недоразвитой промежуточной сферы, штрих = 33 мкм. Россия, Южный Урал, нижняя пермь: р. Юрюзань, разрез Мечетлино, слой 12; кунгурский ярус, саранинский горизонт, зона конодонтов *Neostreptognathodus pnevi* (фиг. 1–3); поселок Красноустьинский, разрез траншеи Дальний Тюлькас (фиг. 4–6): 4 – слой 7-2, верхнесакмарский подъярус, стерлитамакский горизонт, зона конодонтов *Sweetognathus anceps*; 5, 6 – слой 10-1, нижеартинский подъярус, бурцевский горизонт, зона конодонтов *Sweetognathus asymmetricus*; р. Урал, разрез Донское; слой 8 (образец 5/21); нижеартинский подъярус (фиг. 7).

A New Radiolarian Genus *Alexialeks* gen. nov. and New Species from the Early Permian of the South Urals of Russia

M. S. Afanasieva

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

Analysis of the morphology of radiolarian skeletons from the Lower Permian of the South Urals made it possible to revise the taxonomic assignment of *Helioentactinia uralica* Kozur et Mostler, 1989 and two different morphotypes of *Helioentactinia* sp. and assign them to three species within the new genus *Alexialeks* gen. nov.: *A. uralicus* (Kozur et Mostler, 1989), *A. alius* sp. nov. and *A. distinctus* sp. nov. Three pathways are recognized in the evolution of *Alexialeks* gen. nov. in the Asselian, Sakmarian, Artinskian, and Kungurian (Early Permian). The diagnoses of the genus *Multisphaera* Nazarov et Afanasieva in Afanasieva, 2000, emend. nov. and subfamily Multisphaerinae Nazarov et Afanasieva in Afanasieva, 2000, emend. nov. are emended. The validity of the subfamily Multisphaerinae Nazarov et Afanasieva in Afanasieva, 2000, emend. nov. is confirmed. A hypothesis is proposed that a primary inner sphere with a rudimentary four-ray spicule and numerous rod-like spines may represent a transitional form of the internal framework of the skeleton from an n-ray spicule to a true microsphere.

Keywords: Radiolaria, morphology, phylogeny, revision, new genus and species, Lower Permian, South Urals, Russia

