

УДК 563.141

ПЕРВАЯ НАХОДКА КОЛОНИАЛЬНЫХ РАДИОЛЯРИЙ В ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ (АРКТИЧЕСКАЯ ЗОНА СИБИРИ)

© 2021 г. В. С. Вишневецкая^{a, b, *}, Э. О. Амон^b, Ю. А. Гатовский^c, Е. А. Жегалло^b

^aГеологический институт РАН, Москва, Россия

^bПалеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва, Россия

^cМосковский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: valentina.vishnaa@mail.ru

Поступила в редакцию 08.12.2020 г.

После доработки 11.12.2020 г.

Принята к публикации 22.12.2020 г.

Приведены новые данные о первой находке представителя колониальных радиолярий рода *Siphonosphaera*. Она происходит из верхнеюрских (нижний подъярус волжского яруса = нижний титон) отложений баженовского горизонта на полуострове Ямал в арктической периферии Западной Сибири. Показано важное значение этой находки для познания геологической истории колониальных радиолярий. Описан новый вид *Siphonosphaera yamalica* Vishnevskaya et Amon, sp. nov.

Ключевые слова: колониальные радиолярии, *Siphonosphaera*, поздняя юра, баженовский горизонт, полуостров Ямал

DOI: 10.31857/S0031031X21040152

Микроскопические одноклеточные радиолярии, геологическая история которых началась в кембрии и не прерывалась до современности, в своем подавляющем большинстве вели и ведут планктонный одиночный образ жизни в пелагиали океанов и морей. Среди них выделяется сравнительно небольшая группа родов и видов, приобретших способность к коллективному сосуществованию в виде колоний (отряд *Collodaria* Naeskel, 1881). Ныне живущие колониальные радиолярии-коллодарии, их биология, экология и биогеография являются объектом исследований морских биологов на протяжении более полутора столетий, и к настоящему времени сравнительно хорошо изучены, что отражено в представительной литературе (Стрелков, Решетняк, 1971; Anderson, 1983; Swanberg, 1983; Takahashi, 1991; Anderson et al., 2002; Boltovskoy et al., 2010, 2017 и др.). Однако об ископаемых их формах с возрастом древнее, чем голоцен, известно очень немного, в силу редкости находок, а палеонтология колониальных радиолярий изучена явно недостаточно и изобилует многими пробелами. По этой причине любые новые сведения о колониальных формах радиолярий, найденных в ископаемом состоянии, представляют собой значительный интерес. В настоящем сообщении излагаются первые данные о нашей находке колониальной радиолярии рода *Siphonosphaera* в верхнеюрских отложениях из низов баженовского горизонта п-ова Ямал на

северо-западной арктической периферии Западной Сибири (рис. 1).

В составе мезозойских отложений осадочного чехла Западной Сибири и прилегающих к ней арктических территорий выделяется литостратиграфический баженовский горизонт, занимающий позицию на границе юры и мела (титон-берриас). Порода горизонта формировались в морском бореальном бассейне в период максимального развития позднеюрской трансгрессии, являясь в значительной степени продуктом биогенной седиментации (Брадучан и др., 1986; Захаров, 2006 и др.). Остатки радиолярий в породах баженовской свиты были установлены уже довольно давно, начиная с изысканий Р.Х. Липман 1948–1959 гг., их стратиграфическое значение подтверждено исследованиями последних лет (Вишневецкая, 2013; Панченко и др., 2015). Биостратиграфические аспекты распространения радиолярий в баженовском горизонте и составы их ископаемых комплексов проанализированы нами ранее (Вишневецкая и др., 2018, 2020a; Vishnevskaya et al., 2019).

В результате химического препарирования с помощью уксусной и фтористоводородной кислот, с последующим исследованием в СЭМ, был впервые обнаружен новый комплекс позднеюрских (ранневолжских = раннетитонских) радиолярий, который позволил уточнить возраст низов битуминозной карбонатно-кремнистой толщи на

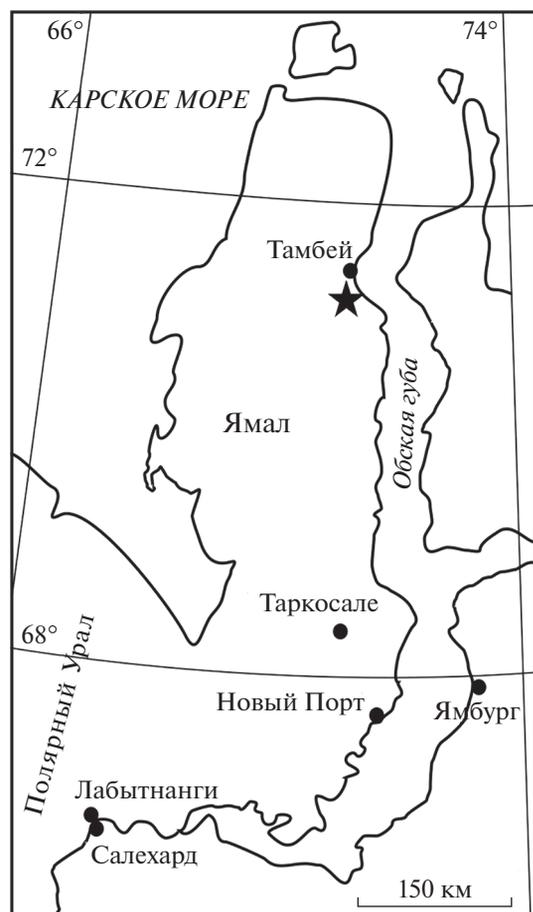


Рис. 1. Местоположение находки колониальных радиолярий рода *Siphonosphaera* на схематической географической карте.

Ямале (Вишневецкая, Гатовский, 2020; Вишневецкая и др., 2020б). На Ямальской площади по керновому материалу Южно-Тамбейской скважины в толще переслаивания битуминозных кремнистых и карбонатных пород в интервале глубин 3352.4–3353.73 м установлены радиолярии: *Acanthocircus meyerhofforum* Hull, 1997, *Orbiculiforma cf. teres* Hull, 1997, *Saitoum macilentum* Dumitrica et Zugel, 2003, *Parvicingula blowi* Pessagno, 1977 и многие другие, имеющие распространение преимущественно в титонских отложениях Калифорнии, Германии, северо-востока России, Аргентины, Антарктиды (Вишневецкая, Гатовский, 2020; Вишневецкая и др., 2020б).

Именно в этом комплексе радиолярий найдена сферическая форма, идентифицированная нами в качестве представителя колониальных радиолярий *Collodaria* Haeckel, 1881. Эта форма относится к роду *Siphonosphaera* Müller, 1858 из семейства *Collosphaeridae* Müller, 1858, и является новым видом *S. yamalica* Vishnevskaya et Amon, sp. nov. (табл. I, фиг. 1, 1а, см. вклейку).

Данная находка является пионерной, так как впервые на территории России обнаружен представитель ископаемых колониальных радиолярий. Она имеет немаловажное научное значение, поскольку, с одной стороны, обогащает палеонтологическую историю данной группы микроорганизмов фактом существования в поздней юре, о чем не было известно ранее, и, с другой, дополняет характеристику комплекса радиолярий новым морфотипом, что, в свою очередь позволяет делать палеогеографические заключения. Следует отметить, что в этой радиоляриевой ассоциации, вместе с находкой колониальных радиолярий, в Арктической зоне Сибири впервые встречены *Saturnalidae*, которые ранее ни в Западной Сибири, ни в Печорском бассейне, ни в Поволжье, ни в Московском бассейне не отмечались (Вишневецкая, Гатовский, 2020).

Прежде чем дать палеонтологическое описание найденной нами формы *Siphonosphaera*, заметим, что систематика и таксономия высших таксонов радиолярий и протист в целом в настоящее время значительно отличаются от того, как это представлялось еще 20–30 лет назад. Согласно новой современной классификации высших таксонов эукариот, основанной на молекулярной филогеномике, радиолярии относятся к супергруппе протистов SAR, где SAR образована объединением трех групп – *Stramenopiles*, *Alveolata* и *Rhizaria* (Adl et al., 2012; Sierra et al., 2013; Burki, 2014; Suzuki, Not, 2015). На более низком иерархическом уровне в группе *Rhizaria* находятся *Cercozoa*, *Foraminifera* и *Polycystinea* (=“*Radiolaria*”), объединенные общностью происхождения из одного ствола. *Polycystinea* Ehrenberg, 1838 понимаются как амебоидные протисты, обладающие центральной сферической или овальной формы пористой капсулой; минеральный скелет или отсутствует, или, когда развит, сложен спикулами, либо образует раковинку сложной геометрической формы. *Polycystinea* состоят из трех групп: 1) *Spumellaria* Ehrenberg, 1875 emend. Riedel, 1967; 2) *Nassellaria* Ehrenberg, 1875, emend. Haeckel, 1887 и 3) *Collodaria* Haeckel, 1881 (Adl et al., 2012). Группа *Collodaria* включает радиолярий с колониальным образом жизни, а также бесскелетные формы (Adl et al., 2012; Biard et al., 2015, 2017).

В современной систематике коллодарии принимаются в ранге отряда *Collodaria* Haeckel, 1881 (Takahashi, 1991; De Wever et al., 2001; Anderson et al., 2002; Протисты ..., 2011; Ishitani et al., 2012).

Первое сообщение о колониальных радиоляриях принадлежит Ф. Мейену (F. Meyen; 1834 г.), но как о новой группе простейших впервые о них в 1858 г. написал Й. Мюллер (J. Müller) (Стрелков, Решетняк, 1971). Значительный вклад в изучение колониальных форм радиолярий был внесен Х. Эренбергом (C. Ehrenberg, 1860, 1872 гг.), Э. Геккелем (Haeckel, 1887), К. Брандтом (K. Brandt, 1881–1905 гг.), В. Геккером (V. Haeck-

er, 1906, 1908 гг.), А. Поповским (А. Popofsky, 1917, 1921 гг.) и другими (Протисты ..., 2011).

По поводу геологической истории колониальных радиолярий в авторитетных справочниках обычно сообщается, что это, в основном, современные, или современные—четвертичные организмы (Anderson, 1983; Anderson et al., 2002 и др.). О находках колониальных радиолярий в доголоценовых образованиях известно немного, и отмечены они преимущественно в кайнозойских отложениях.

Кайнозойские формы представлены видами, найденными в плейстоценовых (Holdsworth, Harker, 1975; Knoll, Johnson, 1975; Goll, 1980; Riedel, Westberg, 1983), неогеновых (миоцен, плиоцен) (Riedel, Sanfilippo, 1971; Keany, 1979; Abelmann, 1990, 1992; Lazarus, 1990, 1992; Dumitrică, 1978, 2019) и палеогеновых (олигоцен) отложениях (Sanfilippo, Riedel, 1973) Пацифики, Карибского бассейна, Южного океана, Европы.

Более древние, предположительно, позднемиоловые (турон—раннесантонские), колониальные *Acrosphaera hirsuta* Perner были обнаружены в Богемском меловом бассейне (Perner, 1891).

Помимо этого, таксоны, условно или не определенно относимые к колониальным радиоляриям, найдены в отложениях раннего мезозоя и позднего палеозоя. К ним относятся: 1) сферические формы, обозначенные как *Sphaeroids*, из террейна Мино в Центральной Японии в нижнетриасовых породах (Kuwahara et al., 2010; Sano et al., 2010); 2) мелкие сферические *Sphaerosphaera minuta* Sashida, 1997 из среднепермских (гвадалупий) кремнистых отложений Восточного Таиланда (Sashida et al., 1997; Ito et al., 2017), ранее условно отнесенные к *Copicyntra?* sp. (Sashida et al., 1993); 3) *Guiuva sashidai* Ito et Feng, 2017 из опорного разреза лопингия (верхняя пермь) в Южном Китае (Ito et al., 2017).

Этим перечислением кайнозойских и иных форм, в общем-то, и исчерпывается немногочисленный корпус известных данных о древних колониальных радиоляриях. Таким образом, наша находка *Siphonosphaera* в верхнеюрских отложениях пополняет геологическую летопись колониальных радиолярий новым фактом, и отчасти перекрывает тот значительный временной hiatus, который существовал между пермью и мелом.

Помимо этого, обнаружение рода *Siphonosphaera* в верхнеюрских отложениях на Ямале проливает свет на палеогеографическую ситуацию в этом регионе в период завершения юры и начала мела. Некоторые особенности биологии и экологии колониальных коллодарий по экстраполяции позволяют предположить, что регион представлял собой в эту эпоху окраину океана со сравнительно тепловодными условиями обитания. *Collocladia* обычно встречаются в пелагиали олиготрофных вод тропических и субтропических океанов и морей, к примеру, в центральной части

океанических круговоротов и, в меньшей степени, в более прибрежных районах (Swanberg, 1983; Boltovskoy et al., 2010). Такое распределение в значительной степени объясняется присутствием многочисленных симбионтов-микроводорослей в желатиновом матриксе колоний, обеспечивающих дополнительные питательные вещества, необходимые для существования и процветания колонии (Стрелков, Решетняк, 1971). Из-за наличия газов внутри матрикса колониальные коллодарии обладают высокой плавучестью, благодаря которой колонии накапливаются в самых верхних нескольких метрах водной толщи (Anderson, 1983; Caron et al., 1995). Многие исследователи склоняются к мнению, что колониальные радиолярии, в общих чертах, — это обитатели теплых, хорошо освещенных вод, например, представители *Polysolenia*, *Siphonosphaera* и *Disolenia* (Lombardi, Boden, 1985 и др.).

Колониальные коллодарии, населяя олиготрофные воды океанов, играли и играют громадную роль в первичной продукции углерода (Хмелева, 1967). Они развили специфические приспособления, которые позволяют им выживать и процветать в олиготрофной среде, благодаря микроводорослевым эндосимбионтам. Производимая колониями органика в виде желатинового матрикса, компонентов клеток индивидов колоний, а также эндосимбионтов и паразитов (Хмелева, 1967), могла служить источником органического вещества в нефтидогенезе и генерации нефти в Западной Сибири.

Фотографирование радиолярий производилось на сканирующем электронном микроскопе VEGA2 TESCAN, Палеонтологический ин-т им. А.А. Борисяка РАН (ПИН). Описание проведено с использованием общепринятых морфологических терминов (Стрелков, Решетняк, 1971). В данной работе мы используем современную классификацию, предложенную для таксонов высокого ранга С. Адлем с соавт. (Adl et al., 2012, 2018) и для таксонов уровня семейств и ниже — Т. Биардом с соавт. (Biard et al., 2015). Оригинальный материал хранится в Геологическом институте РАН (ГИН) (колл. № 170).

Авторы выражают признательность А.С. Алексееву (МГУ) и М.С. Афанасьевой (ПИН РАН) за ценные советы и замечания, искреннюю благодарность рецензентам Д. Болтовскому (Ун-т Буэнос-Айреса, Аргентина) и Д.Н. Засько (ИО РАН, Россия) за критический разбор и конструктивное обсуждение статьи. Работа выполнена по гостемам ГИН РАН и ПИН РАН, а также частичной поддержке РФФИ, № 18-05-00494 и Программы Президиума РАН “Эволюция органического мира и планетарных процессов”.

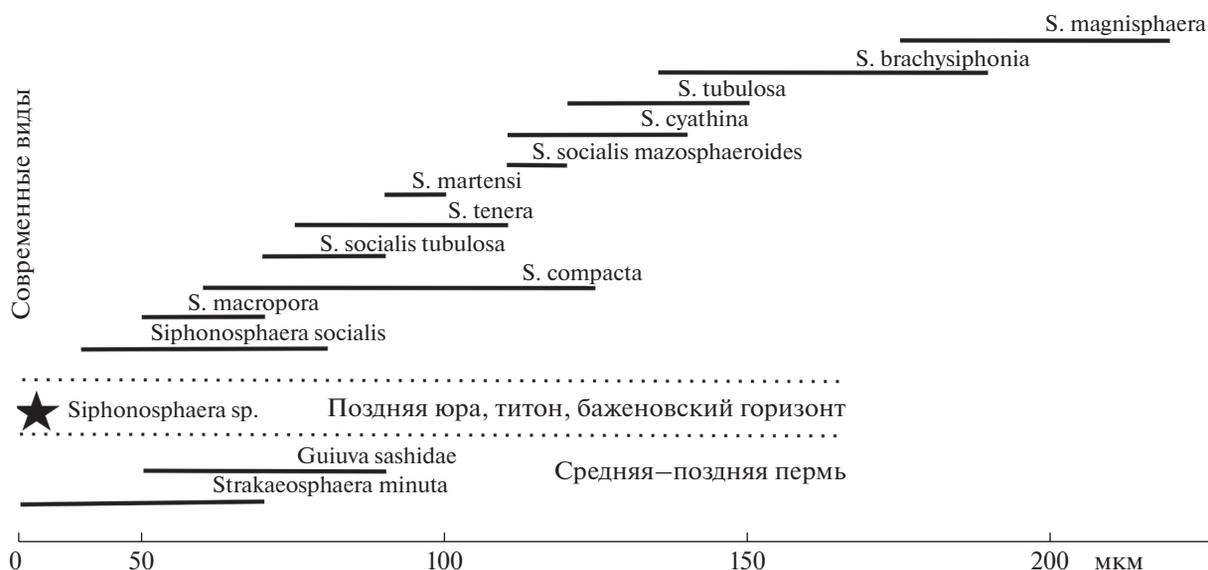


Рис. 2. Сравнительные величины радиоларий рода *Siphonosphaera*, приведены значения измерений главного диаметра в мкм (использованы данные из: Стрелков, Решетняк, 1971; Anderson, 1983; Takahashi, 1991; Van de Paverd, 1995, Dumitrică, 2019). Длина черты для каждого вида обозначает значения от минимального до максимального.

О Т Р Я Д COLLODARIA

СЕМЕЙСТВО COLLOSPHAERIDAE MÜLLER, 1858,
EMEND. STRELKOV ET RESHETNJAK, 1971

Род *Siphonosphaera* Müller, 1858

Siphonosphaera yamalica Vishnevskaya et Amon, sp. nov.

Табл. I, фиг. 1, 1a

Название вида — по местонахождению на п-ове Ямал.

Голотип — ГИН, № 170/1-TRI-90; Россия, п-ов Ямал, Южно-Тамбейская площадь, скв. 170, глуб. 3353.73 м; верхняя юра, нижневолжский подъярус, баженовский горизонт.

Описание. Представлен единичный индивид. Правильно-сферическая маленькая раковинка, стенка которой гладкая, прободена редкими порами, которые продолжают наружу трубчатые каналцами с твердой стенкой. Толщина стенки не установлена, но, вероятно, раковина тонкостенная. Поры разной величины, присутствуют мелкие и более крупные, округлой и овальной (эллипсоидной) формы, все без исключения вытянуты в короткие и очень короткие цилиндрические трубочки, которые не утончаются к свободному дистальному концу, а заканчиваются слабо выраженными отворотами в виде оторочки, напоминающей кайму. Межпоровые септы в 8 раз шире, чем диаметр самой крупной поры. Поры по поверхности раковины расположены нерегулярно, их число на полусферу составляет пять–восемь. В проеме центральной поры наблюдается более мелкая сетка (три–четыре отверстия на диаметр поры).

Размеры в мкм. Диаметр раковинки — 17.0, диаметр округлой мелкой поры — 0.5–0.7, диаметр крупной поры — 1.2, длина (высота) трубочки мелкой поры — 0.2–0.3, длина (высота) трубочки крупной поры — до 1.5, толщина трубочки — 0.3–0.4. Толщина стенки точно не установлена, но, судя по бортику, — 0.1–0.2.

Сравнение. От типового вида *S. tubulosa* Müller, 1858 (табл. I, фиг. 3) новый вид отличается меньшим числом трубочек и их меньшей длиной: у *S. tubulosa* их пять–десять, и длина составляет 1/5–1/6 диаметра раковинки. У современного *S. tubulosa* также намного крупнее регулярные поры, диаметр которых лежит в пределах 20–30 мкм (Стрелков, Решетняк, 1971, с. 350–352, табл. 9, фиг. 61–66; Протисты ..., 2011, рис. 129, фиг. 3).

S. yamalica Vishnevskaya et Amon, sp. nov. из баженовского горизонта Ямала по своим морфологическим особенностям и размеру наиболее близок к современному виду *S. (Merosiphonia) socialis* Naesckel, 1887, объемное изображение которого (табл. I, фиг. 2) приведено по тезисам П. Ван де Павера (Van de Paverd, 1995, табл. II, фиг. 3). Раковины *S. socialis* являются самыми маленькими (40–50 мкм), в то время как их колонии являются самыми крупными, часто насчитывая более 100 особей, обычно заключенных в альвеоле (Naesckel, 1887).

Наш экземпляр также имеет сходство с *S. martensi* Brandt, 1905, у которого наблюдается похожее сочетание крупных и мелких пор с трубочками (Brandt, 1905, с. 339, табл. 9, фиг. 10–11). Однако для *S. martensi* характерна довольно толстостен-

ная крупная раковина, а также имеются поры крупные и мелкие, вытянутые в слаборазвитые короткие трубочки. Диаметр сферы 90–100 мкм, диаметр пор 2–17, длина трубочек 2 мкм. Вид распространен в тропической зоне Атлантики и Пацифики (Стрелков, Решетняк, 1971, с. 356, рис. 28).

Три современные формы, описанные под названием *Siphonosphaera* sp., обладают признаками, которые значительно отличаются от рассматриваемой формы из баженовского горизонта. *Siphonosphaera* sp. *sensu* Strelkow et Reshetnjak, 1971 свойственны три–четыре гигантские трубки, которые к тому же не прободены вглубь раковинки (Стрелков, Решетняк, 1971, с. 358, табл. 7, фиг. 45). *Siphonosphaera* sp. *A sensu* Takahashi, 1991 обладает похожим соотношением крупных и мелких пор, однако у этой формы крупные поры не оттянуты в трубки, и их кайма представлена тонким слабо выраженным валиком (Takahashi, 1991, с. 60, табл. 4, фиг. 2). Для *Siphonosphaera* sp. *B sensu* Takahashi, 1991 характерно наличие большого числа крупных пор, при этом межпоровые септы уже, чем их поровый диаметр (Takahashi, 1991, с. 60, табл. 4, фиг. 6).

Небезынтересно, что по общему габитусу и величине скелета *S. yamalica* Vishnevskaya et Amon, sp. nov. располагается в самом начале интервала вариаций главного диаметра различных современных видов рода *Siphonosphaera*, обладая наименьшей, или близкой к ней, величиной (рис. 2).

З а м е ч а н и я. Несмотря на то, что материал представлен лишь единичным экземпляром, согласно статье 73 МКЗН (Международный ..., 2004), рассматриваемая форма является голотипом, что позволило выделить и описать новый таксон в ранге вида.

М а т е р и а л. Голотип.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Брадучан Ю.В., Гольберт А.В., Гурари Ф.Г. и др. Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность). Новосибирск: Наука, 1986. 160 с.

Вишневская В.С. Биостратиграфия и палеогеография баженовской свиты по данным радиоляриевго анализа // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Екатеринбург: ООО “ИздатНаука-Сервис”, 2013. С. 34–37.

Вишневская В.С., Амон Э.О., Гатовский Ю.А. Радиоляриевая биостратиграфия баженовского горизонта (верхняя юра – нижний мел) Западной Сибири // Стратигр. Геол. корреляция. 2020а. Т. 28. № 6. С. 105–124. <https://doi.org/10.31857/S0869592X20060101>

Вишневская В.С., Гатовский Ю.А. Первая находка позднелюрских радиоляриев на Ямале (Арктическая Сибирь) // Проблемы региональной геологии Северной Евразии. М.: МГРИ-РГГРУ, 2020. С. 17–20.

Вишневская В.С., Гатовский Ю.А., Rogov M.A. Ки-меридж–ранневожская биота Ямала (Арктическая Сибирь) – относительно тепловая или эпизод потепления? // Палеострат–2020. М.: ПИН РАН, 2020б. С. 11–12.

Вишневская В.С., Овечкина М.А., Устинова М.А. Биостратиграфия и палеогеография баженовской свиты (Западная Сибирь) по радиоляриям, наннопланктону и известковым диноцистам // Современная микропалеонтология – проблемы и перспективы. М.: ПИН РАН, 2018. С. 213–217.

Захаров В.А. Условия формирования вожско-берриасской высокоуглеродистой баженовской свиты Западной Сибири по данным палеоэкологии // Эволюция биосферы и биоразнообразия. М.: Т-во научн. изданий КМК, 2006. С. 552–568.

Международный кодекс зоологической номенклатуры. Изд. четвертое. М.: Т-во научн. изданий КМК, 2004. 223 с.

Панченко И.В., Балушкина Н.С., Барабошкин Е.Ю. и др. Комплексы палеобиоты в абалакско-баженовских отложениях центральной части Западной Сибири // Нефтегазовая геол. Теория и практика. 2015. Т. 10. № 2. С. 1–29. http://www.ngtp.ru/rub/2/24_2015.pdf

Протисты. Часть 3. Руководство по зоологии. СПб.: Т-во научн. изданий КМК, 2011. 474 с.

Стрелков А.А., Решетняк В.В. Колониальные радиолярии *Sphumellaria* Мирового океана // Исследования фауны морей. 1971. № 9(17). С. 295–373.

Хмелева Н.Н. Роль радиоляриев при оценке первичной продукции в Красном море и Аденском заливе // Докл. АН СССР. 1967. Т. 172. № 6. С. 1430–1433.

Abelmann A. Oligocene to Middle Miocene radiolarian stratigraphy of southern high latitudes from Leg 113, Sites 689 and 690, Maud Rise // Proc. Ocean Drilling Progr., Sci. Results. 1990. V. 113. P. 676–708.

Abelmann A. Early to Middle Miocene radiolarian stratigraphy of the Kerguelen Plateau, Leg 120 // Proc. Ocean Drilling Progr., Sci. Results. 1992. V. 120. P. 757–784.

Adl S.M., Bass D., Lane C.E. et al. Revisions to the classification, nomenclature, and diversity of eukaryotes // J. Eukaryotic Microbiol. 2018. V. 66. P. 4–119.

Adl S.M., Simpson A.G., Lane C.E. et al. The revised classification of eukaryotes // J. Eukaryotic Microbiol. 2012. V. 59. № 5. P. 429–493.

<https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2012.00644.x>

Anderson O.R. Radiolaria. N.Y.: Springer, 1983. 355 p.

Anderson O.R., Nigrini C., Boltovskoy D. et al. Class Polycystina // The Second Illustrated Guide to the Protozoa. Lawrence, KS: Soc. Protozool., 2002. P. 994–1022.

Biard T., Bigeard E., Audic S. et al. Biogeography and diversity of Collodaria (Radiolaria) in the global ocean // Intern. Soc. for Microbial Ecology. 2017. V. 11. P. 1331–1344. www.nature.com/ismej

Biard T., Pillet L., Decelle J. et al. Towards an integrative morpho-molecular classification of the Collodaria (Polycystinea, Radiolaria) // Protist. 2015. V. 166. P. 374–388. <http://www.elsevier.de/protis>

Boltovskoy D., Anderson O.R., Correa N.M. Radiolaria and Phaeodaria // Handbook of the Protists. Cham (Switzerland): Springer, 2017. P. 731–763.

Boltovskoy D., Kling S.A., Takahashi K., Bjorklund K. World Atlas of Distribution of Recent Polycystina (Radiolaria) //

- Palaeontol. Electron. 2010. V. 13. Iss. 3, 18A. 230 p. http://palaeo-electronica.org/2010_3/215/index.html
- Brandt K. Beitrage zur Kenntnis der Colliden // Archiv für Protistenkunde. 1905. Bd 4. S. 245–271.
- Burki F. The eukaryotic tree of life from a global phylogenomic perspective // Cold Spring Harb. Perspect. Biol. 2014. V. 6. P. 1–17. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a016147>
- Caron D.A., Michaels A.F., Swanberg N.R., Howse F.A. Primary productivity by symbiont-bearing planktonic sarcodines (Acantharia, Radiolaria, Foraminifera) in surface waters near Bermuda // J. Plankton Res. 1995. V. 17. P. 103–129.
- De Wever P., Dumitrică P., Caulet J. et al. Radiolarians in the Sedimentary Record. Amsterdam: Gordon and Breach, 2001. 553 p.
- Dumitrică P. Badenian Radiolaria from Central Paratethys // Chronostratigraphie und Neostatotypen. Miozän der Zentralen Paratethys. Bd 6, Miozän M4 Badenien. Bratislava: VEDA, 1978. P. 231–261.
- Dumitrică P. On the status of the collosphaerid radiolarian species Siphonosphaera brachysiphonia Dumitrică, 1978 and Siphonosphaera arkys Su, 1982 // Acta Palaeontol. Rom. 2019. V. 15. № 1. P. 35–38.
- Goll R.M. Pliocene–Pleistocene radiolarians from the East Pacific rise and the Galapagos spreading center // Init. Rep. Deep Sea Drilling Project. 1980. V. 54. P. 425–453.
- Haeckel E. Report on the Radiolaria collected by H. M. S. Challenger during the years 1873–1876 // Zoology. 1887. V. 18. P. 1–1803.
- Holdsworth B.K., Harker B.M. Possible indicators of degree of radiolaria dissolution in calcareous sediments of the Ontong–Java Plateau // Init. Rep. Deep Sea Drilling Project. 1975. V. 30. P. 489–497.
- Ishitani Y., Ujiie Y., de Vargas C. et al. Phylogenetic relationships and evolutionary patterns of the order Collodaria (Radiolaria) // PLoS ONE. 2012. V. 7(5): e35775. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035775>
- Ito T., Zhang L., Zhang M.-H. Guiyuva sashidai n. gen. n. sp., a probable colonial Radiolaria from the Lopingian (Upper Permian) in South China // Palaeoworld. 2017. V. 26. P. 631–637. <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2017.04.001>
- Keany J. Early Pliocene radiolarian taxonomy and biostratigraphy in the Antarctic region // Micropaleontol. 1979. V. 25. № 1. P. 50–74.
- Knoll A.H., Johnson D.A. Late Pleistocene evolution of the collosphaerid radiolarian Buccinosphaera invaginata Haeckel // Micropaleontol. 1975. V. 21. P. 60–68.
- Kuwahara K., Sano H., Ezaki Y., Yao A. Discovery of Triassic siliceous rocks within a large Permian oceanic–rock mass in the Mt. Funabuseyama area, western Mino terrane, and geologic implication // J. Geol. Soc. Japan. 2010. V. 116. № 3. P. 159–173.
- Lazarus D. Middle Miocene to recent radiolarians from the Weddell sea, Antarctica, ODP LEG 113 // Proc. Ocean Drilling Progr., Sci. Results. 1990. V. 113. P. 709–727.
- Lazarus D. Antarctic Neogene radiolarians from the Kerguelen Plateau, Legs 119 and 120 // Proc. Ocean Drilling Progr., Sci. Results. 1992. V. 120. P. 785–809.
- Lombardi G., Boden G. Modern radiolarian global distributions // Cushman Found. Foram. Res. 1985. Spec. Publ. 16A. P. 1–125.
- Perner J. O radiolariích z českého útvaru křídového // Věstn. Královské České Společnosti Nauk. Třída math.-přírodovědecká. Ročník 1891. Praha, 1891. S. 255–269.
- Riedel W.R., Sanfilippo A. Cenozoic Radiolaria from the western tropical Pacific, Leg 7 // Init. Rep. Deep Sea Drilling Project. 1971. V. 7. P. 1529–1672.
- Riedel W., Westberg M.J. Neogene radiolarians from the eastern tropical Pacific and Caribbean, Deep Sea Drilling Project Leg 68 // Init. Rep. Deep Sea Drilling Project. 1983. V. 68. P. 289–300.
- Sanfilippo A., Riedel W.R. Cenozoic Radiolaria (exclusive of theoperids, artostrobiids and amphipyndacids) from the Gulf of Mexico, Deep Sea Drilling Project Leg 10 // Init. Rep. Deep Sea Drilling Project. 1973. V. 10. P. 475–611.
- Sano H., Kuwahara K., Yao A., Agematsu S. Panthalassan seamount-associated Permian–Triassic boundary siliceous rocks, Mino terrane, central Japan // Paleontol. Res. 2010. V. 14. № 4. P. 293–314.
- Sashida K., Adachi S., Igo H. et al. Small Radiolaria from Permian bedded chert in Thailand // INTERRAD VII. Abstracts. Osaka, 1994. P. 106.
- Sashida K., Adachi S., Igo H. et al. Middle to Upper Permian and Middle Triassic radiolarians from Eastern Thailand // Sci. Reports Inst. Geosci. Univ. Tsukuba. Sect. B. 1997. V. 18. P. 1–17.
- Sierra R., Matz M.V., Aglyamova G. et al. Deep relationships of Rhizaria revealed by phylogenomics: A farewell to Haeckel's Radiolaria // Mol. Phylog. Evol. 2013. V. 67. P. 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2012.12.011>
- Suzuki N., Not F. Biology and ecology of Radiolaria // Marine Protists. Springer Japan, 2015. P. 179–222. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-55130-0>
- Swanberg N.R. The trophic role of colonial Radiolaria in oligotrophic oceanic environments // Limnol. Oceanogr. 1983. V. 28. № 4. P. 655–666.
- Van de Paverd P. J. Recent Polycystine Radiolaria from the Snellius-II Expedition. Ph.D. thesis. Center for Marine Earth Science (the Netherlands) and Paleontological Museum in Oslo (Norway), 1995. 351 p.
- Vishnevskaya V.S., Ovechkina M.N., Ustinova M.A. Biostratigraphy and paleogeography of the Bazhenovo Formation (Upper Jurassic and Lower Cretaceous) based on radiolarians, nannoplankton and calcareous dinocysts // Paleontol. J. 2019. V. 53. № 9. P. 916–921. <https://doi.org/10.1134/s003103011909017x>

Объяснение к таблице I

Фиг. 1–3 — представители рода Siphonosphaera: 1, 1a — S. yamalica Vishnevskaya et Amon, sp. nov. в матриксе кремнистой породы, голотип ГИН, № 170/1-TRI-90; п-ов Ямал, Южно-Тамбейская площадь, скв. 170, глуб. 3353.73 м; верхняя юра, нижневолжский подъярус; 2 — S. (Merosiphonia) socialis Haeckel, 1887, из современных осадков (по: Van de Paverd, 1995, табл. 11, фиг. 3); 3 — S. tubulosa Müller, 1855, из современных осадков (по: Протисты ..., 2011, рис. 129, фиг. 3). Длина масштабной линейки: фиг. 1, 1a — 5 мкм, фиг. 2 — 10 мкм, фиг. 3 — 15 мкм.

**The First Discovery of Colonial Radiolarians
in the Jurassic Sediments (Arctic Zone of Siberia)**

V. S. Vishnevskaya^{1,2}, E. O. Amon², Yu. A. Gatovsky³, E. A. Zhegallo²

¹*Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Borissiak Paleontological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

³*Moscow State University, Moscow, Russia*

New data on the first finding of colonial radiolarian genus *Siphonosphaera* are provided. It was found in the Upper Jurassic (lower Volgian = lower Tithonian) deposits of the Bazhenovo horizon on Yamal Peninsula in Arctic periphery of Western Siberia. The importance of this find for understanding the geological history of the colonial radiolarians is shown. New species *Siphonosphaera yamalica* Vishnevskaya et Amon, is described.

Keywords: colonial radiolarians, *Siphonosphaera*, late Jurassic, Bazhenovo horizon, Yamal Peninsula

