

УДК 56.016.3:551.732.2;57.012.3

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИКРОСТРУКТУРЕ TANNUOLINA (КЕМБРИЙСКИЕ ЗООПРОБЛЕМАТИКИ)

© 2024 г. **Ю. Е. Демиденко**^{а, *}, **Г. А. Карлова**^б, **Д. А. Комлев**^{с, **}

^аПалеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва, 117647 Россия

^бИнститут нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, 630090 Россия

^сНовосибирский филиал ФГБУ “ВНИГНИ”, Новосибирск, 630007 Россия

*e-mail: juliad@paleo.ru

**e-mail: komlev@vnigni.ru

Поступила в редакцию 06.12.2023 г.

После доработки 11.12.2023 г.

Принята к публикации 14.12.2023 г.

Проведено морфологическое изучение фосфатных склеритов *Tannuolina pavlovi* Kouchinsky, Bengtson et Murdock, 2010 из разреза костинской свиты Сибирской платформы (правый берег р. Сухая Тунгуска). Впервые описана микроструктура склеритов, стенка которых имеет двухслойное строение.

Ключевые слова: кембрий, костинская свита, склериты, микроструктура, морфология, Сибирская платформа, *Tannuolina*

DOI: 10.31857/S0031031X24030015 EDN: EPXHCS

ВВЕДЕНИЕ

Рассматриваемый палеонтологический материал был получен из разреза, расположенного на правом берегу р. Сухая Тунгуска (правый приток Енисея в 70 км выше Туруханска), в 200 м ниже устья руч. Бечевник. В интервале 50–75 м выше подошвы костинской свиты в светло-коричневато-серых мелкозернистых доломитах были обнаружены скелетные зоопроблематичные остатки группы томмотиид рода *Tannuolina* семейства *Tannuolinidae* Fonin et T. Smirnova, 1967, одного из шести семейств отряда *Tommotiida* Missarzhevsky, 1970 (Фонин, Смирнова, 1967; Есакова, Жегалло, 1996). Представители этой группы фауны были впервые отобраны сотрудниками Сибирского НИИ геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС) под руководством Д.А. Комлева в 2010 г. Коллекция состоит приблизительно из 60 экз., главным образом, уплощенных склеритов и их фрагментов и одного экз. выпуклого склерита.

Было изучено морфологическое строение сложно устроенных склеритов *Tannuolina pavlovi* Kouchinsky, Bengtson et Murdock, 2010 и проведено микроструктурное исследование, в результате которого было впервые установлено двухслойное строение стенки склеритов.

Ранее было изучено строение стенки *T. multifora* Fonin et T. Smirnova, 1967 из шанганской свиты ботомского яруса нижнего кембрия хр. Восточный Танну-Ола, Тува, и выявлена каркасовидная микроструктура стенки, состоящая из пластин и столбиков, занимающая большую часть створки. Меньшая часть створки с ложнопористой микроструктурой. Переход между ними постепенный (Фонин, Смирнова, 1967). Н.В. Новожиловой с соавт. была отмечена “морщинистая” микроструктура внешней поверхности митрального склерита с многочисленными порами для вида *T. fonini* Esakova in Esakova et Zhegallo, 1996 (Новожилова и др., 2019, табл. IV, фиг. 16), и в виде отчетливых, неравномерно расположенных поперечных ребер, между которыми расположены менее выраженные, более тонкие и многочисленные “струящиеся” продольные ребра для вида *Lugoviella ojmurganica* Gorigieva in Grigorieva et al., 1983, относящегося к семейству *Kelanellidae* Missarzhevsky et Grigorieva, 1981 (Новожилова и др., 2019, табл. V, фиг. 106). При первоописании склеритов *T. pavlovi* из краснопорожской свиты (зона *N. sunnaginicus*) томмотского яруса р. Сухариха авторы (Kouchinsky et al., 2010) указали наличие краевых складок на поверхности, которые, вероятно, продолжались в стенку склерита как пластины роста.

ТИП И КЛАСС НЕ УСТАНОВЛЕННЫ

ОТ РЯД ТОММОТИИДА

СЕМЕЙСТВО TANNUOLINIDAE FONIN ET T. SMIRNOVA, 1967

Род *Tannuolina* Fonin et T. Smirnova, 1967*Tannuolina pavlovi* Kouchinsky, Bengtson et Murdock, 2010

Табл. I, фиг. 1–4; табл. II, фиг. 1, 2

Tannuolina pavlovi: Kouchinsky et al., 2010, с. 322, фиг. 2–6.

Голо тип – SMNH (Музей естественной истории Стокгольма), № X4102, полный селлатный склерит; Россия, Сибирская платформа, р. Сухариха; нижний кембрий, томмотский ярус, краснопорожская свита, зона *Nochoroicyathus sunnaginicus* (Kouchinsky et al., 2010, с. 323, фиг. 2A).

Описание (рис. 1). Выпуклый митральный склерит (mitral) (рис. 1, а) имеет вид колпачка, вытянутого в ширину, с округлым или четырехугольным основанием. Длина склерита от 0.6 до 0.8 мм, ширина 1.2–1.3 мм. Толщина края увеличивается постепенно по направлению к вершине от 0.20–0.25 до 0.35–0.40 мм. Наружная поверхность покрыта извилистыми концентрическими ребрами высотой 0.02–0.05 мм и частично несквозными (=ложными) порами, располагающимися на передней и задней сторонах (гранях) и образующими губчатую структуру. Эта так называемая ложнопоровая зона занимает примерно 1/2 от общей площади раковины. Выпуклые колпачковидные склериты слегка асимметричны, имеют вид быстро расширяющегося конуса с краевыми складками. Асимметрия обусловлена значительным отклонением макушечной части по часовой или против часовой стрелки. Передняя, или убывающая, сторона уплощенная, треугольная по форме, ограничена острыми краевыми углами, на которых линии роста меняют направление. Противоположная нависающая сторона выпуклая, включает в себя боковые стороны. Макушка суживающаяся, нависает над убывающей стороной. Устье изометричное, широкоовальное, с растущим краем на убывающей стороне, аркообразно изогнутым по направлению к макушке. Поры присутствуют на всей поверхности: большее количество на нарастающей задней стороне, меньшее количество – на убывающей передней. Поры увеличиваются в диаметре от 5–10 мкм до 40 мкм по направлению к устью и медиально. Слияние пор, подобно таковому на боковых сторонах уплощенных склеритов, не наблюдается.

Уплощенные селлатные (sellate) склериты имеют форму вытянутого по высоте конуса или треугольника с билатеральной симметрией, длиной от 0.5 до 2 мм, макушечным углом дивергенции 45°–60° (рис. 1, в; табл. I, фиг. 1а, 2–4, табл. II, фиг. 2а). Макушка загибающаяся, нависает над передней стороной склерита. Устье линзовидное. Внутренняя сторона склерита несет слабо

выраженный изгиб, наружная сторона – нечетко выраженное седло. Седло прослеживается через искривление краевых складок по направлению к макушке на поздних стадиях роста. Подобные краевые складки покрывают и боковые стороны склеритов. Передняя внутренняя сторона с узкими краевыми складками с неровными границами и боковым изгибом по направлению к устью. Мелкие несквозные ложные поры диаметром 1–2 мкм расположены на верхней стороне (табл. I, фиг. 1д, 1е). Крупные настоящие поры распространены по всей внешней стороне. На боковых сторонах они располагаются рядами, параллельными концентрическим ребрам (рис. 1, в, г; табл. I, фиг. 1б–1е, 2–4). Число пор зависит от местоположения на склерите: в верхней более узкой части их число минимально, в нижней широкой части, соответственно, максимально. Когда поры разрушаются, они формируют прямоугольные сквозные зияния, параллельные линиям нарастания, длина которых зависит от количества разрушенных пор (табл. I, фиг. 4).

Строение стенки раковины. Изучение микроструктуры с помощью сканирующего электронного микроскопа показало двухслойное строение стенки описываемых склеритов. Структура наружного слоя пористо-столбчатая, образована гексагональными призмами высотой от 3 до 5.5–6.5 мкм, толщиной 2–3 мкм (рис. 1, д, е; табл. I, фиг. 1д, 1е). Ложные поры располагаются между призмами и внутри этих призм (рис. 1, д, е; табл. I, фиг. 1д, 1е). Подобная микроструктура называется пористо-фавозитной, поэтому наружный слой можно также именовать пористо-фавозитным. Мощность данного слоя небольшая, варьирует от 3 до 6.5 мкм, согласно высоте призм. Этот слой снаружи покрыт тонкой пленкой мощностью 0.01–0.02 мкм, бугорчатая поверхность которой образуется за счет выступающих верхних граней и углов призм. Эта пленка не всегда сохраняется, может присутствовать фрагментарно (рис. 1, е; табл. I, фиг. 1г).

Внутренний слой существенно толще внешнего (до 30–50 мкм), состоит из многочисленных (10 и более) плотно примыкающих друг к другу слоев, или ламин, (рис. 1, б, д, е), которые в свою очередь состоят из многочисленных пластин – ламелл. Каждая ламелла имеет волнистую поверхность и параллельно располагается относительно соседних ламелл.

Уникальная сохранность позволяет наблюдать все два слоя с четкой микроструктурой и хорошо сохранившуюся тонкую пленку, покрывающую наружный пористо-фавозитный слой. Примером этому могут служить фавозитные пластины наружного слоя. Обычно такая детальность наблюдается, когда происходит быстрая, почти мгновенная фосфатизация.

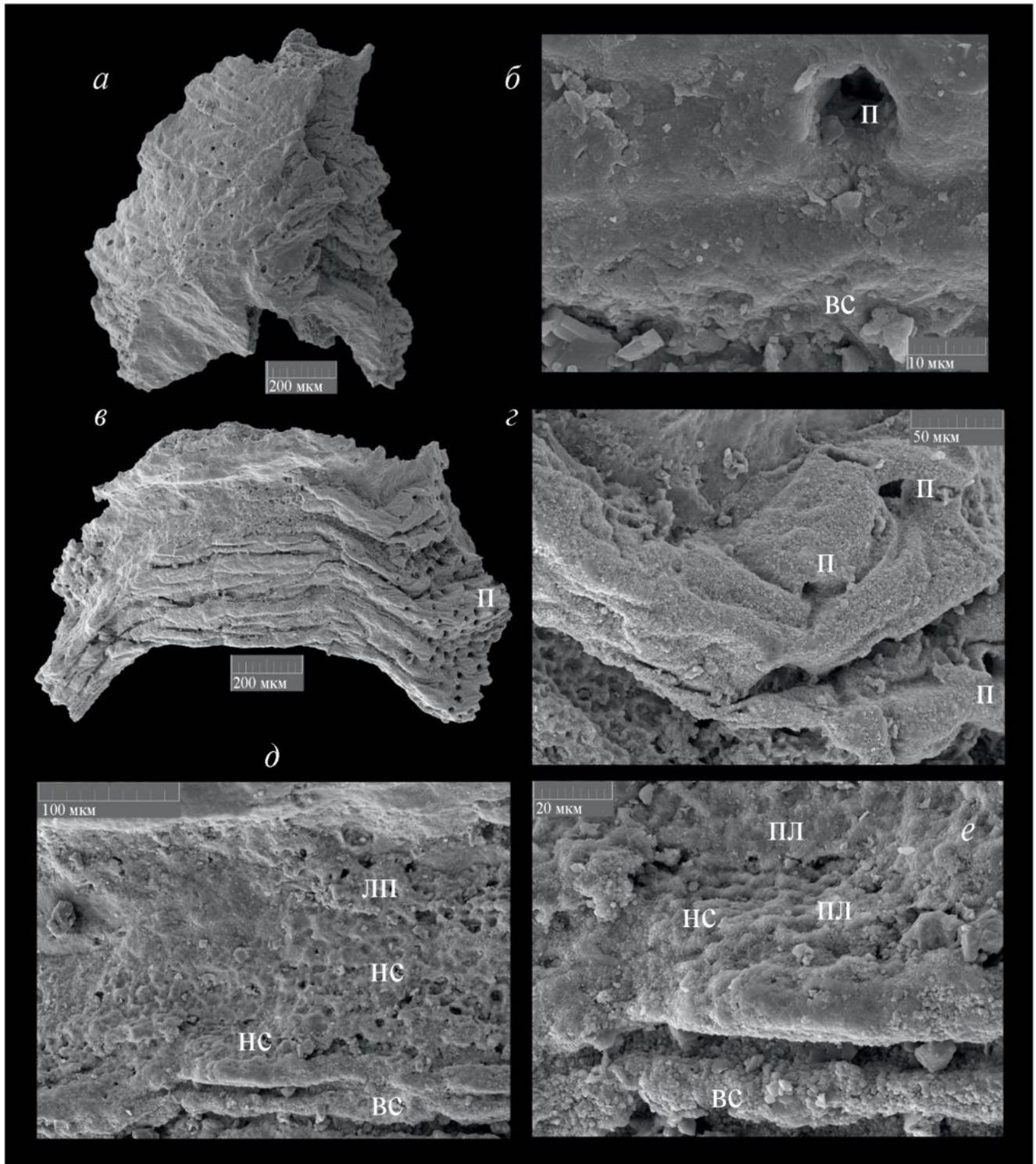


Рис. 1. *Tannuolina pavlovi* Kouchinsky, Bengtson et Murdock, 2010: *a, б* – экз. ПИН, № 5083/5264, выпуклые склериты (mitral): *a* – общий вид склерита сбоку, *б* – увеличенный фрагмент внутреннего слоя склерита, видна слоистость; *в–е* – экз. ПИН, № 5083/5182, уплощенные склериты (sellate): *в* – общий вид обломанного склерита, *з–е* – увеличенные фрагменты наружной поверхности склерита с крупными складками с порами и пористо-фавозитным рисунком; Сибирская платформа, разрез по прав. берегу р. Сухая Тунгуска ниже устья руч. Бечевник; томмотский ярус, костинская свита. Обозначения: *вс* – внутренний слой, *лп* – ложные поры, *нс* – наружный слой, *п* – поры, *пл* – пленка.

Сравнение. Основным отличительным признаком селлятных склеритов описываемого вида от других являются наличие пор на боковых сторонах, слабо выраженные седло и изгиб на соответствующих сторонах склерита, и это в тех случаях, когда изгиб плотно прижат к макушке. У вида *T. zhangwentangi* Qian et Bengtson, 1989 также может наблюдаться плохо развитое или полностью отсутствующее седло (Qian, Bengtson, 1989, фиг. 54В).

Особенность колпачковидных склеритов описываемого вида заключается в отсутствии асимметрии, наличии загнутой нависающей макушки. От типового вида *Tannuolina multifora* Fonin et T. Smirnova, 1967 и от *T. fonini* Esakova in Esakova et Zhegallo, 1996 отличается более уплощенной убывающей стороной. От вида *T. magossana* Skovsted et Clausen, 2014 отличается отсутствием асимметричных митральных склеритов с глубокой полостью и сетчатым рисунком на внутренней убывающей стороне (Skovsted et al., 2014).

З а м е ч а н и я . В изученном материале преобладали селлятные склериты (около 60 экз. целых и частично разрушенных склеритов) и присутствовало крайне мало (один экз. удовлетворительной сохранности) митральных склеритов. В материале А.В. Кучинского с соавт., наоборот, превалировало число выпуклых митральных склеритов (Kouchinsky et al., 2010).

Также в изученном материале был встречен экземпляр обломанного склерита (табл. II, фиг. 1) с раздвоенной макушкой. Сохранившаяся часть склерита с наружной скульптурой в виде волнообразных ребер.

Распространение. Нижний кембрий, томмотский ярус, основание краснопорожской свиты, зона *N. sunnaginicus*, р. Сухариха, Игарка, север Сибирской платформы; томмотский ярус, костинская свита, разрез по правому берегу р. Сухая Тунгуска, Сибирская платформа.

Материал. Около 60 экз. уплощенных склеритов и один экз. выпуклых склеритов, правый берег р. Сухая Тунгуска, ниже устья руч. Бечевник.

Коллекция хранится в Палеонтологическом ин-те им. А.А. Борисяка (ПИН) РАН, № 5083.

Авторы благодарны Р.А. Ракитову за помощь при работе на сканирующем электронном микроскопе Tescan Кабинета приборной аналитики ПИН РАН.

Исследование выполнено в рамках госзадания (Ю.Е. Демиденко) и НИР № FWZZ-2022-0002 (Г.А. Карлова). Никаких дополнительных грантов на проведение данного исследования получено не было.

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Есакова Н.В., Жегалло Е.А. Биостратиграфия и фауна нижнего кембрия Монголии. М.: Наука, 1996. 216 с. (Тр. Совм. Росс.-Монгол. палеонтол. экспед. Вып. 46).
- Новожилова Н.В., Штайнер М., Коровников И.В., Токарев Д.А. Раннекембрийские томмотииды разреза Харихан (Центрально-Тувинский прогиб) // Палеонтол. журн. 2019. № 6. С. 25–30.
- Фонин В.Д., Смирнова Т.Н. Новая группа проблематических раннекембрийских организмов и некоторые методы их препарирования // Палеонтол. журн. 1967. № 2. С. 15–27.
- Bengtson S. Early skeletal fossils // Neoproterozoic-Cambrian Biological Revolutions / Eds. Lipps J.H., Waggoner B.M. Cambridge: Univ. Press, 2004. P. 67–78 (Paleontol. Soc. Papers. V. 10).
- Kouchinsky A., Bengtson S., Murdock D.J.E. A new tannuolinid problematic from the lower Cambrian of the Sukharikha River in northern Siberia // Acta Palaeontol. Pol. 2010. V. 55. № 2. P. 321–331.
- Qian Yi, Bengtson S. Palaeontology and biostratigraphy of the Early Cambrian Meishucunian Stage in Yunnan Province, South China // Fossils and Strata. 1989. № 24. P. 1–156.
- Skovsted C.B. A silicified tomotioid from the Lower Cambrian of Greenland // Bull. Geosci. 2016. V. 91. № 3. P. 553–559.
- Skovsted C.B., Clausen S., Alvaro J.J., Ponleve D. Tomotioids from the Lower Cambrian (Series 2, Stage 3) of Morocco and the evolution of the tannuolinid scleritome and setigerous shell structures in stem group brachiopods // Palaeontology. 2014. V. 57. Pt 1. P. 171–192.

Объяснение к таблице I

Фиг. 1–4. *Tannuolina pavlovi* Kouchinsky, Bengtson et Murdock, 2010: 1 – экз. ПИН, № 5083/5274: 1a – общий вид обломанного уплощенного склерита с частичными фрагментами наружного складчатого пористого слоя и внутреннего слоя; 1б–1е – увеличенные фрагменты наружной поверхности склерита с крупными порами и мелкопоровым рисунком; 2–4 – уплощенные склериты (sellate): 2 – экз. ПИН, № 5083/5240, передне-боковой вид; 3 – экз. ПИН, № 5083/5274, задне-боковой вид; 4 – экз. ПИН, № 5083/5272, общий вид склерита с фрагментами наружного слоя; Сибирская платформа, разрез по прав. берегу р. Сухая Тунгуска, ниже устья руч. Бечевник; томмотский ярус, костинская свита. Обозначения: лп – ложные поры, п – поры, пл – пленка.

Объяснение к таблице II

Фиг. 1, 2. *Tannuolina pavlovi* Kouchinsky, Bengtson et Murdock, 2010: 1 – экз. ПИН, № 5083/5187: 1а – общий вид обломанного уплощенного склерита; видна наружная поверхность с волнообразными ребрами; верхняя часть склерита (макушка) обломана по горизонтальной септе, на поверхности которой видны остатки от пористой сросшейся двойной макушки склерита; 1б, 1в – увеличенные фрагменты фиг. 1а, вид сверху обломанного по септе склерита со сросшейся двойной макушкой, на которой видны фрагменты складчатого пористого слоя; 1г – увеличенный фрагмент наружной поверхности склерита с выпуклыми волнообразными ребрами; 2 – экз. ПИН, № 5083/5121: 2а – общий вид уплощенного склерита; 2б, 2в – увеличенные фрагменты наружной поверхности склерита с выпуклыми волнообразными ребрами; Сибирская платформа, разрез по прав. берегу р. Сухая Тунгуска; томмотский ярус, костинская свита.

New Data on the Microstructure of *Tannuolina* (Cambrian Zooproblematics)

Yu. E. Demidenko¹, G. A. Karlova², D. A. Komlev³

¹*Borissiak Paleontological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, 117647 Russia*

²*Institute of Petroleum Geology and Geophysics named after A.A. Trofimuk, SB RAS,
Novosibirsk, 630090 Russia*

³*Novosibirsk Branch of FSBI VNIGNI, Novosibirsk, 630007 Russia*

A morphological study of phosphate sclerites *Tannuolina pavlovi* Kouchinsky, Bengtson et Murdock, 2010 from the Kostinskaya Formation section of the Siberian Platform (right bank of the Sukhaya Tunguska River) was carried out. The microstructure of the studied sclerites, the wall of which has a two-layer structure, has been described for the first time.

Keywords: Cambrian, Kostinskaya Formation, sclerites, microstructure, morphology, Siberia, tomotiids, *Tannuolina*

