



HAL
open science

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О ТОНКОМ СТРОЕНИИ АНАЛЬНЫХ
МЕШКОВ ЭХИУРИДЫ BONELLIA VIRIDIS (ANNELIDA:
BONELLINAE)**

Petr A. Kuznetsov, Alexander Ereskovsky, Elena N Temereva

► **To cite this version:**

Petr A. Kuznetsov, Alexander Ereskovsky, Elena N Temereva. НОВЫЕ ДАННЫЕ О ТОНКОМ СТРОЕНИИ АНАЛЬНЫХ МЕШКОВ ЭХИУРИДЫ BONELLIA VIRIDIS (ANNELIDA: BONELLINAE). XII International conference “Marine Research and Education” MARESEDU-2023, 3, pp.346-350, 2024, 978-5-6049290-6-3. <hal-04891678>

HAL Id: hal-04891678

<https://hal.science/hal-04891678v1>

Submitted on 16 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

УДК 592

Рубрика 34.33.15

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ТОНКОМ СТРОЕНИИ АНАЛЬНЫХ МЕШКОВ ЭХИУРИДЫ
BONELLIA VIRIDIS (ANNELIDA: BONELLINAE)

NEW DATA ON THE FINE STRUCTURE OF THE ANAL SACS OF THE ECHIURID
BONELLIA VIRIDIS (ANNELIDA: BONELLINAE)

Кузнецов Пётр Алексеевич^{1,2}, Ересковский Александр Вадимович^{3,4}, Темерева Елена Николаевна^{1,5}

¹ МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва

² Университет Экс-Марсель, Марсель

³ СПбГУ, Санкт-Петербург

⁴ ИБР РАН им. Н. К. Кольцова, Москва

⁵ НИУ ВШЭ, Москва

Kuznetsov Petr Alekseevich^{1,2}, Ereskovsky Alexander Vadimovich^{3,4}, Temereva Elena Nikolaevna^{1,5}

¹ Lomonosov MSU, Moscow

² IMBE, Aix Marseille University, Marseille

³ SPSU, Saint-Petersburg

⁴ Koltzov IDB RAS, Moscow

⁵ HSE University, Moscow

Введение

Эхиуриды – небольшая группа вторично несегментированных морских бентосных червей. Они прячут свое тело глубоко в толще субстрата, выставляя на поверхность грунта только хобот [Gislen, 1940]. Из-за такого скрытного образа жизни эхиуриды редко целиком попадают в руки исследователей и многие детали их анатомии и физиологии остаются не изученными. Анальные мешки – особые органы выделения характерные только для эхиурид [Pilger 1993]. Развитие и происхождение анальных мешков эхиурид до сих пор остаются плохо изученными. Детальное изучение строения анальных мешков самок *Bonellia viridis* прольет свет на механизм работы выделительной системы и эволюционное происхождение отдельных ее элементов.

Материал и методы

Материалом для настоящей работы послужили самки *Bonellia viridis* собранные в Марсельском заливе у острова План. Материал был изучен с использованием методов световой, сканирующей электронной и трансмиссионной электронной микроскопии,

гистологии и гистохимии. На основе данных компьютерной микротомографии была построена трехмерная реконструкция.

Морфология

У всех исследованных нами *B. viridis* была найдена пара анальных мешков, которые отходят латерально от клоаки. Их обширные концевые мешки занимают заднюю четверть туловища и связаны со стенкой тела тонкими мезентериальными перемычками. От концевых мешков отходят многочисленные первичные трубочки, каждая из них на своем конце несет ресничную воронку. От первичных трубочек ответвляются идентичные им по строению вторичные трубочки, которые также несут на конце ресничную воронку.

Ресничная воронка имеет колоколообразную форму. В ней можно выделить гладкую узкую зону шейки в основании и коническую часть, плотно покрытую ресничками. На дистальном конце в конической части воронка открывается в просвет трубочки, который ведет в полость концевого мешка. Мешки открываются парой независимых отверстий в просвет клоаки.

Гистология и ультраструктура

Все элементы, составляющие анальные мешки (воронки, трубочки, концевые мешки), имеют трехслойную стенку, детали строения которой различаются на разных участках. Стенка образована внутренним эпителием, слоем неклеточного матрикса и внешним, обращенным в полость тела, эпителием, который представляет собой целомическую выстилку – перитонеум. Только коническая часть ресничной воронки, на дистальном крае покрыта не перитонеумом, а кубическим ресничным эпителием, который лежит на прозрачном внеклеточном матриксе. Ресничный эпителий выстилает и внутреннюю часть воронки. Однако в области шейки (в основании воронки) он лежит на более плотном внеклеточном матриксе. В основании воронки различимы кольцевые мышцы, которые опоясывают просвет, ведущий в трубочку. Кроме того, не плотная мышечная сетка из отдельных кольцевых, продольных и диагональных мышечных клеток есть в области трубочек.

Клеточный состав внутреннего эпителия трубочек заметно отличается от такового воронки. На гистологических срезах его просвет выстлан относительно крупными клетками неправильной формы. Клетки внутреннего эпителия трубочки несут редкие реснички и имеют многочисленные бурые включения в цитоплазме, которые заметны и на гистологических срезах, и при вскрытии.

Концевой мешок имеет особую гистологическую организацию. Внутренний эпителий концевого мешка представлен высокими клетками (более 50 мкм) с ядрами, расположенными на разном уровне. Они имеют прозрачную цитоплазму и осуществляют апокринную секрецию. Эпителий лежит на толстом слое плотного внеклеточного матрикса (более 30 мкм толщиной), который пронизан мышечной сетью, состоящей из пучков продольных, кольцевых и диагональных мышечных клеток. Эта мышечная сеть является общей для концевого мешка и для клоаки. Концевой мешок отделен от клоакального отдела кишечника сфинктером.

Клетки перитонеума связаны между собой адгезивными контактами и подостланы слоем внеклеточного матрикса, толщина которого в мешках и трубочках минимальна (от 0.2 до 1 мкм), однако в области шейки воронки она достигает значительной толщины (от 2 в основании до 6 мкм в дистальной части). Ядро клеток перитонеума несет ядрышко, в цитоплазме обнаруживаются митохондрии и многочисленные везикулы с электронно-светлым содержимым.

Внутренний эпителий воронки и внешний ресничный эпителий конической части воронки состоит из высоких или кубических клеток с многочисленными ресничками и микроворсинками. Корешковый аппарат представлен одним вертикальным и двумя горизонтальными исчерченными корешками, помимо них в глубь клетки от базального тела отходят тонкие пучки микротрубочек, которые достигают середины клетки, доходя до уровня ядра. В апикальной части клетки соединены апикальными адгезивными контактами. В цитоплазме ресничных клеток содержатся пучки филаментов, которые опоясывают клетку в передней трети или проходят вертикально от апикальной части до середины. Цитоплазма заполнена немногочисленными везикулами с прозрачным содержимым и митохондриями. В апикальной части клетки расположен комплекс Гольджи. Базальная мембрана ресничных клеток конической части воронки не выражена, а внеклеточный матрикс прозрачный и почти не содержит волокон. Клетки внутреннего эпителия шейки немного отличаются от таковых в конусовидной части. В частности у этих клеток выражены гемидесмосомы.

Внутренний эпителий трубочек несет многочисленные микроворсинки и редкие реснички. Корешковый аппарат представлен двумя горизонтальными и одним вертикальным исчерченными корешками. В апикальной части клетки внутреннего эпителия трубочек связаны адгезивными контактами. Цитоплазма клеток внутреннего эпителия содержит многочисленные везикулы с электронно-плотным и светлым мелко гранулированным содержимым. Преимущественно в базальной части клеток расположен крупный гранулярный ЭПР. Внутренний эпителий трубочек лежит на плотном внеклеточном матриксе. Кроме того, отдельные клетки регулярно разрушаются, а их содержимое выводится в полость анального мешка.

Обсуждение

Считается что анальные мешки выполняют выделительную функцию, захватывая продукты обмена вместе с целомической жидкостью из целома и выводят их в клоаку [Baltzer, 1931; Stephen and Edmonds, 1972; Harris and Jaccarini, 1981; Ruppert et al., 2004; Schmidt-Rhaesa, 2007, Lehrke and Bartolomaeus, 2011]. Кроме того, предполагается, что они могут в некоторой степени участвовать и в газообмене, и в осморегуляции [Brusca and Brusca, 2003].

Анальные мешки эхиурид имеют разное строение. Они отличаются присутствием или отсутствием определенных частей и различной формой. У некоторых видов Bonelliinae (например, *Alomasoma nordpacificum*, *Ikedella misakiensis*, *Pseudobonellia biuterina*) каналцы, отходят непосредственно от стенки задней кишки, а концевой мешок отсутствует [Lehrke and Bartolomaeus, 2011]. По форме различают два главных типа анальных мешков: с трубчатым (*Thalassematinae*, кроме *Urechis* spp.) и мешковидным (*Bonellinae* и *Urechis* spp.) концевым мешком [Stephen and Edmonds, 1972]. Каналцы описаны для большинства видов *Bonellinae*, однако отсутствуют у всех известных *Thalassematinae*.

Таким образом у *Bonelliinae* анальные мешки характеризуются наибольшей морфологической сложностью, в их составе можно выделить больше всего структурных элементов (концевой мешок, трубочки, воронки). Кроме того, у *B. viridis* трубочки первого порядка дают начало трубочкам второго порядка.

Согласно ультраструктурным данным [Lehrke and Bartolomaeus, 2011] анальный мешок у *Thalassema thalassema* (*Thalassematinae*) представляет собой модифицированный метанефридиальный проток, который соединяет целомическую полость с внешней средой через клоаку. При этом количество ресничных воронок многократно увеличено. Метанефридии, которые обладают более чем одной реснитчатой воронкой, также известны и у других аннелид, например у *Capitella capitata* [Eisig, 1887]. Таким образом анальный мешок

представляет собой лишь часть выделительной системы: подоциды на сосудах осуществляют фильтрацию, а метанефридий модифицирует ультрафильтрат и выводит его.

Выделенные нами 4 морфологические зоны в анальных мешках выполняют специальные функции. Конус ресничной воронки загоняет целомическую жидкость в трубочки с помощью направленного в центр биения ресничек. В зоне шейки лежит внутренний эпителий, который формирует узкий просвет ведущий в трубочку и осуществляет фильтрацию от клеток содержащихся в целоме (целомоциты и ооциты). В трубочке происходит частичное накопление целомической жидкости и вероятно модификация, на что указывают многочисленные пузырьки в цитоплазме эпителиальных клеток, которые могут участвовать в эндо-, экзо- и трансцитозе. Кроме того, в цитоплазме клеток внутреннего эпителия трубочек содержатся многочисленные гранулы, которые, возможно, представляют собой продукты обмена. В концевой мешок, вероятно, поступает уже модифицированный ультрафильтрат, где он накапливается. Сокращение мускулатуры концевого мешка выводит его содержимое в клоаку, откуда синхронно с фекальным шнуром продукты обмена покидают тело.

Гомология ресничных воронок у разных видов эхиурид не вызывает сомнения, они имеют сходное строение на гистологическом и ультраструктурном уровне. Однако трубочки *B. viridis* имеют тонкое строение, которое крайне сходно с описанным ранее для *T. thalassemum* [Lehrke and Bartolomaeus, 2011] строением концевых мешков. Такая схожесть может говорить не только об общей функции, но и о едином происхождении этих структур. Стоит так же отметить, что для *T. thalassemum* характерен анальный мешок с сидячими воронками, у них отсутствуют трубочки, которые соединяют воронки с мешком как у *B. viridis*. Однако гистологическая организация концевого мешка *B. viridis* кардинально отличается и от описанного ранее концевого мешка *T. thalassemum* [Lehrke and Bartolomaeus, 2011] и от строения трубочек *B. viridis*. Вероятно, концевой мешок *B. viridis* не гомологичен концевому мешку *T. thalassemum* и мог возникнуть как дивертикул кишечника или же как особый модифицированный отдел метанефридия. В поддержку кишечного происхождения концевого мешка говорит его организация: стенка мешка содержит толстый плотный внеклеточный матрикс, пронизанный мышечной сетью, так же, как и в клоаке. Эпителий концевого мешка хоть и отличается от эпителия клоаки, но имеет больше сходств с кишечным эпителием чем с трубочками.

Выявленные особенности организации анальных мешков самок *B. viridis* проливают свет на то, как функционируют отдельные зоны анального мешка и их гомологию с метанефридиями других кольчатых червей.

Финансирование

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ (№ 20-04-00096).

Список литературы:

1. Baltzer F. Echiurida. In: Kükenthal W (ed) Handbuch der zoologie // Walter De Gruyter & Co, Berlin. – 1931. – Vol. 2. – P. 62–168
2. Brusca R.C., Brusca G.J. The Echiura. In: Brusca RC, Brusca GJ (eds) Invertebrates // Sinauer Associates Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts. – 2003. – P. 451–459.
3. Eisig H. Monographie der Capitelliden des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeres-Abschnitte nebst Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie und Physiologie. Fauna und Flora des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeresabschnitte – 1887.

4. Gislén, T. Investigations on the ecology of *Echiurus* // Lunds Univ. Arsskr., new ser. 36. – 1940. – P. 1-39.
5. Harris R.R., Jaccarini V. Structure and function of the anal sacs of *Bonellia viridis* (Echiura: Bonelliidae) // J Mar Biol Assoc UK. – 1981. – Vol. 61. – P. 413–430.
6. Lehrke J., Bartolomaeus T. Ultrastructure of the anal sacs in *Thalassema thalasseum* (Annelida, Echiura) // Zoomorphology. – 2011. – Vol. 130. – P. 39–49.
7. Pilger J.F. Echiura. In: Harrison FW, Rice ME (eds) Microscopic anatomy of invertebrates // Wiley-Liss, New York. – 1993. – P. 185–236.
8. Ruppert E.E., Fox R.S., Barnes R.D. Echiura and Sipuncula. In: Ruppert EE, Fox RS, Barnes RD (eds) Invertebrate zoology. A functional evolutionary approach // Brooks/Cole Thomson Learning, USA. – 2004. – P. 490–502.
9. Schmidt-Rhaesa A. The evolution of organ systems // Oxford University Press, Oxford. – 2007.
10. Stephen A.C., Edmonds S.J. Phylum Echiura. In: Stephen A.C., Edmonds S.J. (eds.) The Phyla Sipuncula and Echiura // Trustees of the British Museum. London. – 1972. – P. 343–528.



**XII Международная научно-практическая конференция
«Морские исследования и образование»
MARESEDU-2023**

**XII International conference
«Marine Research and Education»
MARESEDU-2023**

**ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ /
CONFERENCE PROCEEDINGS
Том III (IV) / Volume III (IV)**

**23-27 октября 2023 г.
г. Москва**



УДК [551.46+574.5](063)

ББК 26.221я431+26.38я431+28.082.40я431

T78

Труды XII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2023)» Том III (IV): [сборник]. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2024, 666 с.:

ISBN 978-5-6049290-6-3

ISBN 978-5-6051693-0-7 (т. 3)

Сборник «Труды XII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2023)» представляет собой книгу тезисов докладов участников конференции, состоящую из четырех томов. Сборник включает в себя главы, соответствующие основным секциям технической программы конференции: океанология, гидрология, морская геология, гидрографические и геофизические исследования на акваториях, морские ландшафты морская биология, морские млекопитающие, рациональное природопользование и подводное культурное наследие. Помимо основных секций на конференции были представлены: пленарная сессия, посвященная 70-летию кафедры океанологии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и 85-летию ББС МГУ имени Н.А. Перцова, секция научно-популярных фильмов и круглые столы: «Современные авиационные исследования объектов биологического разнообразия. Практика и перспективы развития» и «Применение искусственного интеллекта для изучения биологических объектов».

Все тезисы представлены в редакции авторов.

В рамках конференции участники обсудили состояние и перспективы развития комплексных исследований Мирового океана, шельфовых морей и крупнейших озер, актуальные проблемы рационального природопользования и сохранения биоразнообразия в водных пространствах, проблемы освоения ресурсов континентального шельфа, достижения науки в области морской геологии, современные подходы к исследованиям обширных акваторий дистанционными методами, проблемы устойчивого развития экосистем моря и прибрежной зоны, организацию и проведение комплексных экспедиционных исследований, преподавание «морских дисциплин», вопросы организации полевых практик студентов.

Подготовлено к выпуску издательством ООО «ПолиПРЕСС» по заказу ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова».

ООО «ПолиПРЕСС»

170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский
пр-т, д. 7, пом. II polypress@yandex.ru

Все права на издание принадлежат
ООО «Центр морских исследований
МГУ имени М.В. Ломоносова».

© ООО «Центр морских исследований
МГУ имени М.В. Ломоносова», 2024
© ООО «ПолиПРЕСС»