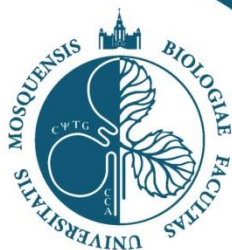


# ЗООЛОГИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

## НОВЫЙ ВЕК

### Материалы конференции

При поддержке:



В.В. Малахов

ISBN 978-5-600-02326-0



9 785600 023260

Москва — 2018

УДК 592  
ББК 28.6  
385

Коллектив авторов. Отв. ред. В.В. Малахов и И.И. Гордеев.

385 **ЗООЛОГИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ – НОВЫЙ ВЕК:** материалы конференции, посвященной 160-летию Кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (19-21 декабря 2018 г.). – 145 с.

ISBN 978-5-600-02326-0

Книга представляет собой сборник тезисов докладов научной конференции **ЗООЛОГИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ – НОВЫЙ ВЕК**, посвященной 160-летию со дня основания Кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва, Российская Федерация). Материалы докладов и заочных сообщений расположены в алфавитном порядке по фамилии первого автора. Всего в рамках конференции было представлено 70 устных и 55 стендовых докладов, сборник включает 123 тезиса. Большая часть материалов была предоставлена выпускниками и сотрудниками кафедры Зоологии беспозвоночных при участии магистров, бакалавров и аспирантов кафедры. Тематика докладов охватывает все аспекты зоологии беспозвоночных, включая эмбриологию, морскую биологию, сравнительную анатомию, генетику, эволюционные исследования, а также паразитологию.

**INVERTEBRATE ZOOLOGY – NEW CENTURY:** Proceedings of the conference dedicated to the 160th anniversary of the Department of Invertebrate Zoology, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University (December 19-21, 2018) (Eds. Vladimir V. Malakhov & Ilya I. Gordeev), 145 p.

УДК 592  
ББК 28.6

ISBN 978-5-600-02326-0



© Коллектив авторов, 2018

Обложка – А.Л. Михлина

Дорогие друзья,

мы рады приветствовать вас, участников и гостей конференции «ЗООЛОГИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ – НОВЫЙ ВЕК», посвященной 160-летию кафедры зоологии беспозвоночных МГУ.

В наши дни в зоологии происходит настоящая революция. Эта революция методов, революция результатов и революция идей, оказывающая огромное влияние на развитие биологической науки в целом. Сейчас, когда статьи зоологов беспозвоночных, в том числе и сотрудников нашей кафедры, появляются на страницах самых престижных международных журналов, а высшие научные награды международного научного сообщества присуждаются зоологам беспозвоночных, самое время вспомнить тех подвижников, которые основали нашу науку, пожелать мужества и неутомимости тем, кто делает эту науку сейчас, и успеха – молодым поколениям зоологов, которые понесут нашу науку в будущее.

На нашей кафедре работают подвижники, потому что другие люди не могут работать в российской науке и в российском образовании. Так было всегда, и только благодаря мужеству и неутомимости этих подвижников в России не потухал огонь той свечи, которая освещает и просвещает нашу большую страну, и свет которой проникает во все уголки мира. Кафедра и ее сотрудники работают для науки и образования, но это означает, что они работают для людей. И главная продукция кафедры – это, все же, не научные статьи и книги, а люди – выпускники кафедры. И если кто-то захочет оценить вклад нашей кафедры в науку, пусть умножит его на научные достижения наших выпускников. Вот почему мы посвящаем нашу конференцию не только нашим основателям, мы посвящаем ее нашей научной смене, нашему будущему.

Вперед, друзья, мы верим в ваши успехи, мы верим в будущее нашей науки!

Председатель Оргкомитета научной конференции  
«ЗООЛОГИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ – НОВЫЙ ВЕК»,  
заведующий Кафедрой зоологии беспозвоночных  
Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

чл.-корр. РАН, профессор, д.б.н. **Владимир Васильевич Малахов**

Оргкомитет научной конференции  
«ЗООЛОГИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ — НОВЫЙ ВЕК»

Председатель

Малахов Владимир Васильевич, член-корр. РАН, профессор, д.б.н.,  
зав.кафедрой зоологии беспозвоночных, биологический факультет МГУ

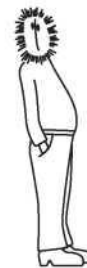
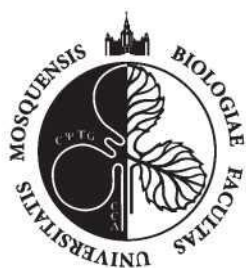
Зам. председателя

Римская-Корсакова Надежда Николаевна, к.б.н., вед. науч. сотрудник,  
биологический факультет МГУ

Члены Оргкомитета:

Белова П.А., к.б.н., старш. преподаватель, биологический фак-т МГУ  
Богомолова Е.В., к.б.н., доцент, биологический фак-т МГУ  
Бурмистрова Ю.А., аспирант, биологический фак-т МГУ  
Ганцевич М.М., к.б.н., старш. науч. сотр., биологический фак-т МГУ  
Гордеев И.И., к.б.н., старш. науч. сотр., биологический фак-т МГУ  
Екимова И.А. к.б.н., старш. науч. сотр., биологический фак-т МГУ  
Карасева Н.П, к.б.н., младш.науч.сотрудник, биологический фак-т МГУ  
Кузьмина Т.В., к.б.н., старш.науч.сотрудник, биологический фак-т МГУ  
Лавров А.И., к.б.н., науч.сотрудник, биологический фак-т МГУ  
Михлина А.Л., инженер, биологический фак-т МГУ  
Мустафина А.Р., аспирант, биологический фак-т МГУ  
Надуваева Е.В., аспирант, биологический фак-т МГУ  
Неретин Н.Ю., инженер, биологический фак-т МГУ  
Осадченко Б.В., вед.инженер, биологический фак-т МГУ  
Петрунина А.С., к.б.н., старш.науч.сотр., биологический фак-т МГУ  
Прудковский А.А., к.б.н., доцент, биологический фак-т МГУ  
Савильная А.А., аспирант, биологический фак-т МГУ  
Темерева Е.Н., д.б.н., проф. РАН, вед. науч. сотр., биологический фак-т МГУ  
Чернева М.А., аспирант, биологический фак-т МГУ

Спонсоры конференции:



В.В. Малахов

Конференция проводится при поддержке гранта РФФИ №18-04-20106г.

## ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

**19 октября**

*Аудитория М1*

|             |                                                                                                              |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 09:00-09:30 | Регистрация                                                                                                  |
| 09:30-09:45 | Приветственное слово декана Биологического факультет МГУ им. М.В. Ломоносова академика РАН М.П. Кирпичникова |
| 09:45-10:15 | <i>Малахов В.В.</i> Зоология беспозвоночных: вчера, сегодня и завтра                                         |

10:15-10:45

### **Кофе-брейк (рекреация под М1)**

#### **Морфология беспозвоночных животных: проблемы и методы**

Татьяна Кузьмина и Алексей Чесунов

*Аудитория М1*

|             |                                                                                       |                                                                                                                                                |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10:45-11:15 | <i>Юшин В.В.</i>                                                                      | Электронная микроскопия XXI века: методы криофиксации в исследовании беспозвоночных                                                            |
| 11:15-11:45 | <i>Кантор Ю.И.</i>                                                                    | Малакология в период смены парадигм: четверть века исследований хищных морских брюхоногих <i>Conoidea</i>                                      |
| 11:45-12:00 | <i>Ворцепнева Е.В.</i>                                                                | Загадки организации радулы у моллюсков-аплакофор                                                                                               |
| 12:00-12:15 | <i>Темерева Е.Н., Островский А.Н.</i>                                                 | Нарушая правила: эволюция парадоксальной репродуктивной стратегии у форонид                                                                    |
| 12:15-12:30 | <i>Нефедова Е.А.</i>                                                                  | Морфологическая классификация известковых губок от Геккеля до наших дней                                                                       |
| 12:30-12:45 | <i>Римская-Корсанова Н.Г., Кокарев В.Н., Карасева Н.П., Галкин С.В., Малахов В.В.</i> | Нейроанатомия погонофор <i>Siboglinum fiordicum</i> и <i>Oligobrachia hakonmosbiensis</i> : что нового в исследовании нервной системы аннелид? |

12:45-13:00

### **Кофе-брейк (рекреация под М1)**

|             |                                                                         |                                                                                                                                |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13:00-13:15 | <i>Марфенин Н.Н., Дементьев В.С</i>                                     | Упорядоченность и протяженность течений гидроплазмы в колониальном гидроиде <i>Dypatiopsis pumila</i> (L., 1758)               |
| 13:15-13:30 | <i>Косевич И.А., Бурмистрова Ю.А.</i>                                   | Оогенез у Ectopleura: роль интерстициальных клеток                                                                             |
| 13:30-13:45 | <i>Богомолова Е.В.</i>                                                  | Эндопаразитические личинки морского паука <i>Phoxichilidium femoratum</i> (Rathke, 1799) (Pseudoscorpionida: Phoxichilidiidae) |
| 13:45-14:00 | <i>Ежова О.В., Лукиных А.И., Галкин С.В., Гебрук А.В., Малахов В.В.</i> | Новые данные по анатомии глубоководных кишечнодышащих (Hemichordata: Enteropneusta, Torquaratoridae)                           |
| 14:00-14:15 | <i>Зайцева О.В., Петров С.А., Петров А.А.</i>                           | Организация нервной системы немертин                                                                                           |
| 14:15-14:30 | <i>Белова П. А., Анисенко А.Н.</i>                                      | Клетки полости тела <i>Ophelia limacina</i> (Rathke, 1843) (Opheliidae, Annelida)                                              |

14:30-15:15

### **Обед**

## Биология развития беспозвоночных животных

Елена Темерева и Виталий Козин

### Аудитория М1

|             |                                                                                        |                                                                                                                  |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15:15-15:45 | Воронежская Е.Е.                                                                       | Формирование базового плана строения в нейрогенезе трохофорных животных                                          |
| 15:45-16:00 | Саидов Д.М., Косевич И.А.                                                              | Особенности раннего развития <i>Mytilus edulis</i> (Mollusca, Bivalvia) в применении к биотестированию           |
| 16:00-16:15 | Козин В.В., Мелентий А.Г., Шалаева А.Ю., Костюченко Р.П.                               | Явления зависимой спецификации при формировании плана строения тела у представителей Spiralia                    |
| 16:15-16:30 | Колбасова Г.Д., Храмова Ю.В.                                                           | Личиночное развитие и метаморфоз <i>Caobangia billeti</i> Giard 1893 (Sabellida, Annelida)                       |
| 16:30-16:45 | Емельяненко В.В., Иванова О.В., Петрова М.П., Римская-Корсакова Н.Н., Прудковский А.А. | Движение трохофорных личинок аннелид в толще воды: морфологический аспект                                        |
| 16:45-17:00 | Осадченко Б.В., Краус Ю.А., Косевич И.А.                                               | Особенности развития голопелагической гидромедузы <i>Aglantha digitale</i>                                       |
| 17:00-17:15 | <b>Кофе-брейк (рекреация под М1)</b>                                                   |                                                                                                                  |
| 17:15-17:30 | Краус Ю.А., Майорова Т.Д., Осадченко Б.В.                                              | "Нетипичные" личинки-планулы книдарий                                                                            |
| 17:30-17:45 | Борисенко И.Е., Ересковский А.В.                                                       | У обыкновенных губок тоже есть ParaHox, или система гомеобоксных генов <i>Halisarca dujardini</i> (Demospongiae) |
| 17:45-18:00 | Ветрова А.А., Багаева Т.С., Кунаева Д.М., Краус Ю.А., Кремнёв С.В.                     | Эволюция генов <i>brachyury</i> у колониального гидроидного полипа <i>Dynamena pumila</i>                        |
| 18:00-18:15 | Сухопутова А.В., Краус Ю.А.                                                            | Клеточные основы морфогенетических процессов, обеспечивающих стробиляцию Scyphozoa                               |
| 18:15-18:30 | Темерева Е.Н., Богомолова Е.В., Кузьмина Т.В.                                          | Онтогенез форонид и проблема исходного жизненного цикла Bilateria                                                |
| 18:30-18:45 | Кузьмина Т. В., Малахов В.В., Темерева Е.Н.                                            | Формирование жизненных циклов брахиопод                                                                          |
| 18:45-19:00 | Мадисон А.А., Кузьмина Т.В.                                                            | Подходы к решению проблемы реконструкции жизненных циклов ископаемых брахиопод                                   |
| 19:00-21:30 | <b>Стендовая сессия и фуршет в рекреации под М1</b>                                    |                                                                                                                  |

## 20 декабря

### Биологическое разнообразие современных и ископаемых беспозвоночных животных

Александра Петрунина и Александр Цетлин

### Аудитория М1

|             |                                          |                                                                 |
|-------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 09:00-09:30 | Адрианов А.В.                            | Глубоководные биологические ресурсы Мирового океана             |
| 09:30-10:00 | Верещака А.Л., Кулагин Д.Н., Лунина А.А. | Глубоководные новости, или нужны ли нам 95% обитаемой биосферы. |
| 10:00-10:30 | Гебрук А.В.                              | Фауна глубоководных желобов мирового океана: что нового?        |
| 10:30-10:45 | <b>Кофе-брейк (рекреация под М1)</b>     |                                                                 |

|             |                                                                                              |                                                                                                                                                          |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10:45-11:15 | Цетлин А.Б., Мокиевский В.О., Исаченко А.И.                                                  | Комплексные биологические исследования на Белом море                                                                                                     |
| 11:15-11:45 | Бритаев Т.А.                                                                                 | Исследование формирования сообществ симбионтов кораллов в аквакультуре                                                                                   |
| 11:45-12:00 | Иваненко В.Н., Никитин М.А.                                                                  | Эволюция веслоногих ракообразных – симбионтов морских беспозвоночных и позвоночных животных                                                              |
| 12:00-12:15 | Кособокова К.Н.                                                                              | К биологии самцов каланоидных копепод рода <i>Calanus</i> в арктических водах                                                                            |
| 12:15-12:30 | Карасева Н.П., Римская-Корсакова Н.Н., Екимова И.А., Веденин А.А., Галкин С.В., Малахов В.В. | Обзор современного таксономического состояния системы сибоглинид (Annelida: Siboglinidae) и анализ их географического и батиметрического распространения |
| 12:30-12:45 | Гребельный С.Д.                                                                              | О трех удивительных видах, не нашедших своего места в классификации Anthozoa (ошибки при употреблении морфологических и молекулярных маркеров)           |
| 12:45-13:00 | Чесунов А.В.                                                                                 | Сообщества нематод и мейофауны глубоководных осадков океана                                                                                              |

13:00-13:45 **Обед**

### **Биологическое разнообразие современных и ископаемых беспозвоночных животных** Анна Мадисон и Андрей Журавлев

*Аудитория М1*

|             |                                                |                                                                                         |
|-------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 13:45-14:15 | Марков А.В.                                    | Полиплоидность предка эукариот как ключ к пониманию происхождения митоза и мейоза       |
| 14:15-14:45 | Карпов С.А.                                    | Границы царства Грибы и проблема их происхождения                                       |
| 14:45-15:00 | Иванцов А.Ю., Закревская М.А., Наговицын А.Л.  | Морфология покровов проартикулят (Metazoa Позднего докембрия)                           |
| 15:00-15:15 | Журавлев А.Ю., Гамес Винтанед Ю.А., Краус Ю.А. | Древнейшие книдарии: громкие открытия – тихие «закрытия»                                |
| 15:15-15:30 | Прудковский А.А., Неретина Т.В., Екимова И.А.  | Изменчивость структуры жизненного цикла у гидроидных <i>Sarsia lovenii</i> в Белом море |

15:30-16:30 **Стендовая сессия в рекреации перед М1**

16:30-21:30 **Праздничный банкет в рекреации под М1**

## **21 декабря**

### **Биология паразитических беспозвоночных** Наталия Бисерова и Алексей Миролюбов

*Оранжевый корпус МГУ, Конференц-зал*

|             |                 |                                                                                           |
|-------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10:00-10:30 | Гранович А.И.   | Паразитарные системы и популяционные механизмы устойчивости взаимодействия паразит-хозяин |
| 10:30-11:00 | Спиридонов С.Э. | Систематика паразитических нематод: проблемы и их возможные решения                       |
| 11:00-11:15 | Поддубная Л.Г.  | Использование методов электронной                                                         |

|             |                                                                                   |                                                                                                                                                                                                              |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             |                                                                                   | микроскопии для решения вопросов происхождения и филогении моногеней (Platyhelminthes)                                                                                                                       |
| 11:15-11:30 | Миролюбов А.А., Лянгузова А.Д., Илюткин С.А., Нестеренко М.А., Добровольский А.А. | Прямой контакт паразита с нервной системой хозяина как один из аспектов паразито-хозяинного взаимодействия на примере корнеголовых ракообразных (Cirripedia: Rhizocephala) и их хозяев (Crustacea: Decapoda) |
| 11:30-11:45 | Симдянов Т.Г., Паскерова Г.Г.                                                     | <i>Moxellella intermedia</i> – "недостающее звено" между кольподеллидами и споровиками?                                                                                                                      |

#### 11:45-12:00 Кофе-брейк (рекреация Оранжевого корпуса)

|             |                                                                                                             |                                                                                                                  |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12:00-12:30 | Алешин В.В., Слюсарев Г.С., Михайлов К.В., Русин Л.Ю., Попова О.В., Мороз Л.Л., Зверков О.А., Любецкий В.А. | Филогения Mesozoa                                                                                                |
| 12:30-12:45 | Михеев В.Н., Пастернак А.Ф.                                                                                 | Почему паразиты живут группами: потребность в кооперации или брешь в обороне хозяев?                             |
| 12:45-13:00 | Гордеев И.И., Соколов С.Г.                                                                                  | Гельминты пелагических и эврибатных рыб северо-западной части Тихого океана                                      |
| 13:00-13:15 | Бисерова Н.М.                                                                                               | Загадки структурно-функциональной организации мозга цестод                                                       |
| 13:15-13:30 | Шатров А.Б.                                                                                                 | Кожные экскреторные органы – новый тренд эволюции или древний признак водяных клещей (Acariformes, Hydrachnidia) |
| 13:30-13:45 | Колбасов Г.А., Петрунина А.С.                                                                               | Исследование паразитических ракообразных Ascothoracida - российская традиция, дожившая до наших дней             |

#### 13:45-15:00 Обед

### Макроэкология и филогеография беспозвоночных Алексей Котов и Ирина Екимова

Оранжевый корпус МГУ, Конференц-зал

|             |                                                                         |                                                                                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15:00-15:30 | Полищук Л.В.                                                            | Меркурий Сергеевич Гиляров – автор основополагающей работы в области макроэкологии и анализа размерных спектров |
| 15:30-16:00 | Тиунов А.В.                                                             | Изотопная уникальность и функционально-редкие виды                                                              |
| 16:00-16:15 | Екимова И.А., Чичвархин А.Ю., Михлина А.Л., Антохина Т.И., Щепетов Д.М. | Филогеография голожаберных моллюсков рода <i>Dendronotus</i> (Gastropoda: Nudibranchia)                         |

#### 16:15-16:30 Кофе-брейк (рекреация Оранжевого корпуса)

|             |                                                                            |                                                                                                                        |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16:30-17:00 | Котов А.А.                                                                 | Филогеография пресноводных беспозвоночных Северной Евразии: ветвистоусые ракообразные (Cladocera) как модельная группа |
| 17:00-17:15 | Жирков И.А.                                                                | Биогеографическое районирование северо-восточной Атлантики и Северного Ледовитого океана                               |
| 17:15-17:30 | Бизиков В.А., Переладов М.В., Буяновский А.И., Алексеев Д.О., Сидоров Л.К. | Формирование функциональной структуры ареала камчатского краба в новом месте обитания (Баренцево море)                 |
| 17:30-17:45 | Голиков А.В., Цейа Ф.Р., Сабиров Р.М., Зарипова З.И., Блихер М.Э.,         | Кальмар <i>Gonatus fabricii</i> (Cephalopoda) – на вершине трофической цепи Арктики: анализ                            |

17:45-18:00 Захаров Д.В., Ксавьер Дж.К.К.  
Синёв А.Ю.

стабильных изотопов в клювах  
Ветвистоусые раки (*Cladocera*) комплекса *Alona affinis* (Leydig, 1860) на территории восточной Палеарктики

18:30-21:00

**Фуршет на Кафедре зоологии беспозвоночных (ауд. 594)  
Награждение победителей фотоконкурса  
Закрытие конференции**

**СТЕНДОВАЯ СЕССИЯ  
19-20 декабря**

*Рекреация под аудиторией М1*

**Секция «Морфология беспозвоночных животных: проблемы и методы»**

Алексеева Н. В., Шунатова Н.Н.  
Беликова Е.В., Островский А.Н.

Сенсорный аппарат протонимфонов *Pycnogonum littorale* (Pantopoda)  
Применение конфокальной сканирующей лазерной микроскопии для изучения мышечной системы циклостомных мшанок (Bryozoa, Stenolaemata)

Беспярых А.В., Кузнецова С.В.

Изучение когтей тарзальных члеников *Aganea* методом сканирующей электронной микроскопии

Валуйский М.Ю.

Разнообразие и особенности распределения антеннальных сенсилл имаго скорпионниц (Insecta: Mecoptera)

Водопьянов С.С., Тим вон  
Палубицкий, Гюнтер Пурике

Ультраструктура глаз полихет семейства Oweniidae

Воробьева О.А., Екимова И.А.,  
Малахов В.В.

Общее и тонкое строение кидосаков *Aeolidia papillosa*, *Eubranhus rupium* и *Tenellia viridis* (Gastropoda: Nudibranchia)

Дементьев В.С., Марфенин Н.Н.

Воздействие абиотических факторов на рост и функционирование распределительной системы гидроида *Dynamena pumila* (L., 1758)

Журавлева Н.Е.

Внутривидовая изменчивость некоторых видов гидрополипов (Hydrozoa) Баренцева моря

Заботин Я.И.

Ультраструктура эпидермальных сенсилл трех видов бескишечных турбеллярий (Acoela)

Ильясова А.И., Голиков А.В.,  
Порфирьев А.Г., Сабиров Р.М.

Гистологический анализ добавочных нидаментальных желез трех видов сепиолид рода *Rossia* (Cephalopoda, Sepiolida)

Камардин Н.Н.

Механосенсорные структуры в осфрадиях Gastropoda

Кирдяшева А.Г., Неретина А.Н.

Переописание морфологии *Moina australiensis* Sars, 1896 (Crustacea: Cladocera) по данным световой микроскопии

Кузнецов П.А., Темерева Е.Н.

Морфология и 3d-реконструкция систем органов *Ochetostoma* sp. как ключ к пониманию биологии эхиурид

Купаева Д.М., Кремнёв С.В.

Особенности анатомической организации побега гидроидного полипа *Dynamena pumila* (Linnaeus, 1758)

Марфенин Н.Н., Дементьев В.С.,  
Кожара В.В.

Дистальный пульсаторный комплекс у колониального гидроида *Gonothyræa loveni* (Allman, 1859)

Михлина А.Л., Екимова И.А.,  
Никитенко Е.Д., Ворцепнева Е.В.,  
Цетлин А.Б.

Буккальное вооружение голожаберных моллюсков: функциональный аспект

Никитенко Е.Д., Ворцепнева Е.В.

Спикулярный аппарат голожаберных моллюсков на примере представителей семейства Onchidoridae (Mollusca, Nudibranchia, Doridacea)

Пименов Т.П., Римская-Корсакова  
Н.Н.

Исследование внешней морфологии головного конца и его придатков у аннелид семейств Sabellidae и Fabriciidae

Пландин Ф.А., Темерева Е.Н.

3D-реконструкция полости тела у *Novocrania anomala* (Brachiopoda, Craniiformea)

Становова М.В., Косевич И.А.

Изучение целомоцитов морских аннелид с точки зрения иммунных функций, на примере пескожила *Arenicola marina*

Стратаненко Е.А., Денисенко С.Г.

Сравнительный анализ роста и продолжительности жизни офиуры *Ophiacantha bidentata* (Retzius, 1805) в Баренцевом море и море Лаптевых

|                                |                                                                                          |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Федяева М.А.                   | Анатомия морских нематод: конфокальная микроскопия или ТЕМ?                              |
| Шафигуллина Е.Е., Заботин Я.И. | Ультраструктура женских половых клеток неоофорных турбеллярий в филогенетическом аспекте |

### Секция «Биология развития беспозвоночных животных»

|                                                |                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Бурмистрова Ю.А., Косевич И.А.                 | Гермафродитизм и интерсексуальность у <i>Clava multicornis</i> (Hydrozoa, Cnidaria)                                                             |
| Козин В.В., Костюченко Р.П.                    | Разнообразие механизмов, обеспечивающих непрерывность половой линии клеток в постэмбриональном развитии аннелид                                 |
| Колосов Н.И., Костюченко Р.П.                  | Исследование зоны паратомии у пресноводной олигохеты <i>Nais communis</i> (Oligochaeta: Naididae)                                               |
| Купряшова Е.Е., Костюченко Р.П.                | Процессы бесполого размножения и формирования гонадоподобных структур у <i>Pristina longiseta</i> (Oligochaeta, Annelida)                       |
| Мелентий А.Г., Костюченко Р.П., Козин В.В.     | Молекулярно-генетические основы реализации сегментированного плана строения в ходе посттравматической регенерации полихеты <i>Alitta virens</i> |
| Никанорова Д.Д., Костюченко Р.П.               | Процессы регенерации и особенности восстановления гонад у <i>Enchytraeus coronatus</i> (Enchytraeidae, Oligochaeta)                             |
| Петрова М.А., Богомоллова Е.В.                 | Регенерация ходильных ног у морского паука <i>Nymphon brevirostre</i> Hodge, 1863 (Pycnogonida)                                                 |
| Фофанова Е.Г., Майорова Т.Д., Воронежская Е.Е. | Ранний нейрогенез архианнелид: сходства и отличия в ряду Lophotrochozoa                                                                         |
| Хабибулина В.Р.                                | Развитие и метаморфоз планулоподобных почек <i>Cassiopeia xatachana</i> (Cnidaria: Scyphozoa)                                                   |
| Чабан Е.М., Солдатенко Е.В.                    | Первые данные о размножении батиальных моллюсков рода <i>Ringiculoides</i> Minichev, 1966 (Gastropoda: Heterobranchia)                          |
| Чернева И.А., Екимова И.А., Малахов В.В.       | Популяционная структура некоторых беломорских немертин                                                                                          |
| Шалаева А.Ю., Костюченко Р.П., Козин В.В.      | Исследование митотической активности при задней регенерации беломорской полихеты <i>Alitta virens</i>                                           |
| Шевченко Е.Т., Островский А.Н.                 | Сравнительная характеристика оогенеза Cheilostomata                                                                                             |

### Секция «Биологическое разнообразие современных и ископаемых беспозвоночных животных»

|                                                                              |                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Гарибян П.Г.                                                                 | Морфологические и генетические подходы к ревизии группы видов <i>Scapholeberis kingii</i> в тропиках Старого света и Австралии                   |
| Зелеев Р.М.                                                                  | Онтологические основания параметрической систематики                                                                                             |
| Иванова Н.Ю.                                                                 | Современные представления о составе инфраотряда Athenaria (Actiniaria, Anthozoa)                                                                 |
| Карагодина Н.П., Вишняков А.Э., Котенко О.Н., Мальцева А.Л., Островский А.Н. | Исследование ультраструктурных особенностей взаимоотношений мшанок и их бактериальных симбионтов                                                 |
| Коржавина О.А., Никитин М.А., Иваненко В.Н.                                  | Популяционные отличия, морфология и филогения копеподы семейства Lamirpidae – галлообразующего паразита <i>Gorgonia ventalina</i>                |
| Кутюмов В.А., Мальцева А.Л., Старунов В.В., Островский А.Н.                  | Митохондриальный геном пресноводной мшанки <i>Cristatella mucedo</i> (Bryozoa: Phylactolaemata)                                                  |
| Леонова Т.Б.                                                                 | Новые данные о биогеографии пермского семейства аммоноидей Perrinitidae                                                                          |
| Морозов Г.С., Сабиров Р.М., Зимина О.Л.                                      | Новые данные по губкам (Porifera) центральных морей российской Арктики                                                                           |
| Мясникова Е.И., Зелеев Р.М.                                                  | Вариант параметрической системы морских пауков (Arthropoda: Pycnogonida)                                                                         |
| Новиков А.А., Абрамова Е.Н., Сабиров Р.М.                                    | Новые подходы к изучению диапаузы пресноводных гарпактикоид (Copepoda, Harpacticoida) в полностью промерзающих тундровых водоемах дельты р. Лены |
| Шурупова Я.А., Тесакова Е.М.                                                 | Филогенетические связи между остракодами рода <i>Lophocythere</i> из Среднерусского моря Юрского периода (Келловейский век)                      |

Юрикова Д.А.

Связаны ли механизмы репродуктивной изоляции каляноидных копепод *Calanus glacialis* и *C. finmarchicus* со строением генитальных структур взрослых самок?

### Секция «Биология паразитических беспозвоночных»

Денисова С.А., Щенков С.В.

Морфология и микроанатомия стилетных церкарий (Trematoda: Xiphidiocercariae Luhe, 1909)

Кремнев Г.А., Крючкова Л.Ю.,  
Щенков С.В., Миролюбов А.А.,  
Калашикова В.А., Лебедеков  
В.В.

Применение методов компьютерной микротомографии для изучения организации паразитических беспозвоночных

Петрунина А.С., Колбасов Г.А.

Миниатюрная личинка-тантулюс из Курило-Камчатского желоба раскрывает секреты внутреннего устройства ракообразных класса Tantulocarida

Сальникова М.М., Голубев А.И.,  
Малютина Л.В.

К вопросу об ультраструктуре ядерного аппарата нейронов церебрального ганглия скребня *Echinorhynchus gadi* (Acanthocephala)

### Секция «Макроэкология и филогеография беспозвоночных»

Котельников К.А., Мокиевский  
В.О., Цетлин А.Б.

Структура сообществ сублиторали Великой Салмы (Кандалакшский залив, Белое море) и анализ ее изменений во времени

Синёв А.Ю., Семенюк И.И.

Самцы и гамогенетические самки ветвистоусых ракообразных (Cladocera) из водоемов Национального парка Каттген, Южный Вьетнам

Синёв А.Ю., Лопес-Бланко Ч.

Новый вид ветвистоусых раков (Cladocera) из древнейшего европейского озера Охрид

### УЧАСТИЕ БЕЗ ДОКЛАДА

Борисанова Анастасия Олеговна  
Дробышева Ирина Марковна

Внутрипорошицевые — эпибионты сипункулид

Ультраструктура гастродермиса *Geocentrophora wagini* (Lecithoepitheliata, Plathelminthes)

Корнакова Елена Евгеньевна

Ультраструктура цитотомов *Notentera ivanovi* (Turbellaria, Fecampiidae) – новый фильтрующе-секреторный аппарат

Нестеренко М.А., Старунов В.В.,  
Щенков С.В., Добровольский А.А.,  
Халтурин К.В.

Сложный жизненный цикл: множество фенотипов на базе одного генома

Прыткова Арменуи Робертовна

Влияние экстремальных температур на выживаемость тихоходок *Milnesium tardigradum* и *Hybysibius sp.*

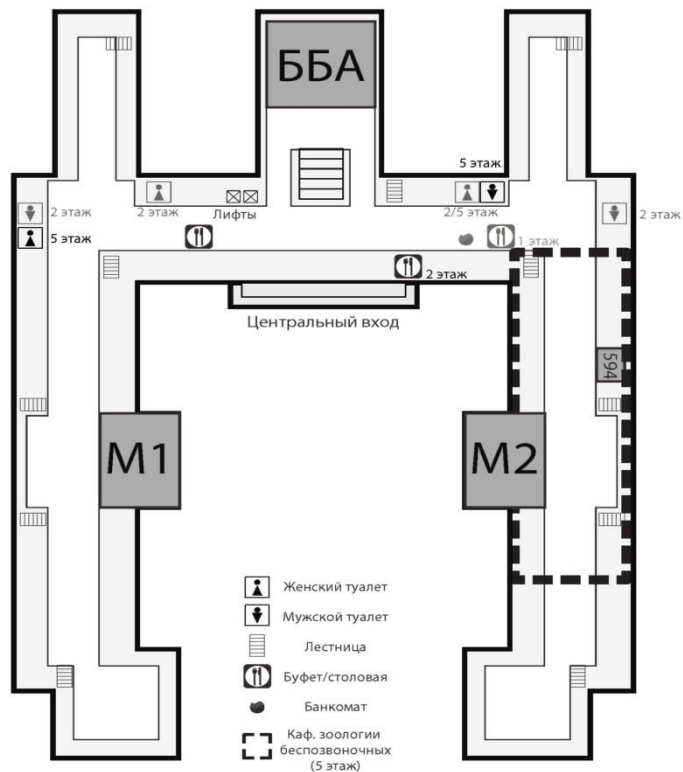
Райкова Екатерина Викторовна

Стрекательные клетки *Polypodium hydriforme* как этап эволюции книдоцитов в типе Cnidaria

Райкова Ольга Игоревна

Нейро-мышечная система прямокишечных турбеллярий с розетковидной глоткой

# Биологический факультет



Ботанический сад



## ГЛУБОКОВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ МИРОВОГО ОКЕАНА

А.В. Адрианов

Национальный научный центр морской биологии Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток, Россия. E-mail: [avadr@mail.ru](mailto:avadr@mail.ru)

Если посмотреть на Мировой океан при его колоссальной площади и средней глубине 3,688 километров, то площадь глубоководных районов (это основная территория океана), площадь бескрайних абиссальных равнин — 75% площади Мирового океана. Морские горы, глубоководные коралловые рифы, каньоны — это удивительное ландшафтное разнообразие глубоководья объясняет то, что там сосредоточено огромные запасы энергетических и минеральных ресурсов и гигантское биологическое разнообразие. 70% всех разведанных запасов нефти приходится на акваторию Мирового океана. Запасы газогидратов вдвое превышают все вместе взятые мировые запасы угля, нефти, природного газа. Минеральные ресурсы — это железомарганцевые конкреции на глубинах. По расчетам до 10% площади абиссальных равнин потенциально пригодны для добычи железомарганцевых конкреций. Что касается биологических ресурсов, то, в основном, мы черпаем биологические ресурсы в верхнем 200-метровом слое. Дальше идет мезопелагиаль до глубины 1 тысяча метров. Традиционный расчет по траловым съемкам дает 1 млрд. тонн мезопелагических рыб. Новые технологии оценки ресурсов позволяют изменить эту цифру на порядок. Сейчас биомасса мезопелагических рыб оценивается в 11-15 млрд. тонн. Каждая экспедиция дает более тысячи глубоководных видов, из которых до 60% оказываются новыми для науки. То есть, не только биоресурсы, но и биологическое разнообразие, благодаря разнообразию глубоководных ландшафтов и экосистем, оказывается неожиданно высоким. Мы находим сотни и тысячи новых видов, и нужны десятилетия, чтобы описать эти виды. Но каждый новый вид, особенно глубоководный, это источник совершенно новых, уникальных биологически активных соединений. Как оказалось 75% всех соединений, выделенных из глубоководных объектов, обладают биологической активностью.

СЕНСОРНЫЙ АППАРАТ ПРОТОНИМФОНОВ *PUYNOGONUM LITORALE*

Н.В. Алексеева\*, Н.Н. Шунатова

Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

\*E-mail: [nina.alexeyeva.spb@gmail.com](mailto:nina.alexeyeva.spb@gmail.com)

Пикногониды – своеобразная группа морских хелицеровых. Как правило, из яйца выходит протонимфон – небольшая личинка, обладающая овальным туловищем, хоботком, хелифорами и двумя парами личиночных ног. Внутреннее строение личинок практически не исследовано, а данные об организации сенсорного аппарата весьма скудны. Для исследования мы выбрали небольших эндотрофных протонимфонов крайне архаичного вида пикногонид – *Puynogonit litorale*. Самцы с коконами были собраны на литорали Баренцева моря, полученные личинки анестезированы, зафиксированы и обработаны согласно стандартным протоколам для электронной микроскопии.

Показано, что сенсорный аппарат протонимфона включает как хемо-, так и механорецепторы, причём последние представлены образованиями двух типов: выступающими над поверхностью тела V-образными щетинками и «скрытыми», залегающими в пределах покровов механорецепторами клешней, личиночных ног и туловища. Механорецепторы клешни и личиночных ног расположены в дистальных члениках соответствующих конечностей и устроены однотипно. Они включают 2-3 чувствительные клетки, снабжённые длинной ресничкой, и 2-3 клетки обкладки. Мы полагаем, что в обоих случаях роль кутикулярной щетинки выполняет весь членик конечности: его сгибание-разгибание и/или деформация приводит к формированию сигнала. Механорецепторы, локализованные в эпителии дорсальной стенки тела, включают три клетки – ресничную, микровиллярную и окружающую их клетку обкладки. Мы считаем, что подобный рецептор реагирует на механическое воздействие на покровы. Не исключено, что микровиллярная клетка усиливает слабый сигнал и передает его ресничной клетке. Единственная чувствительная клетка, входящая в состав V-образного рецептора, снабжена тубулярным телом и окружена двумя клетками обкладки. Хеморецепторы, расположенные на базальных члениках личиночных ног, представлены чувствительными щетинками с терминальной порой, включают 3-4 чувствительные ресничные клетки, которые окружены 3 клетками обкладки. Реснички всех рецепторов модифицированы, зачастую лишены центральных микротрубочек, количество периферических дуплетов составляет 6-9, в дистальной части дуплеты вовсе распадаются. Таким образом, механорецепторы протонимфона *P. litorale* являются уникальными для артропод, а небольшое количество хеморецепторов и специфика их расположения, на наш взгляд, связана с эндотрофностью личинки.

Исследование поддержано РФФИ (проект № 18-34-00611) и выполнено на базе ресурсных центров СПбГУ «Развитие молекулярных и клеточных технологий» и «Обсерватория экологической безопасности».

## ФИЛОГЕНИЯ MESOZOA

В.В. Алёшин<sup>\*1</sup>, Г.С. Слюсарев<sup>2</sup>, К.В. Михайлов<sup>1,3</sup>, Л.Ю. Русин<sup>1,3</sup>, О.В. Попова<sup>1</sup>, Л.Л. Мороз<sup>4</sup>, О.А. Зверков<sup>3</sup>, В.А. Любецкий<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия. <sup>3</sup>Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук, г. Москва, Россия.

<sup>4</sup>Флоридский университет, г. Гейнсвилл, США. \*E-mail: [Aleshin@genebee.msu.su](mailto:Aleshin@genebee.msu.su)

Среди животных остаётся несколько таксонов, родственные связи которых совершенно не понятны. Самые знаменитые из них ортонектиды и дициемиды – крайне просто организованные паразиты беспозвоночных. С позапрошлого века, с самого описания этих животных, в зоологии конкурировали противоположные гипотезы на природу их простоты (одна партия считала простоту первичной, а сами группы переходными от одноклеточных к многоклеточным; другая партия предполагала вторичное упрощение ввиду паразитизма) и на их отношения друг с другом (образуют ли они единый тип Mesozoa или это не родственные, независимо упростившиеся животные). Кажется, сравнительная анатомия исчерпала средства чтобы рассудить разные партии. Первые опыты филогенетики, основанные на молекулярных признаках, поместили ортонектид и дициемид в состав Bilateria, то есть отвергли гипотезу первичности их простоты, но не внесли ясности в вопрос монофилетичны Mesozoa или нет и кому из современных животных они родственны. Эта неудача связана с тем, что ортонектиды и дициемиды входят в число рекорсменов по скорости молекулярной эволюции среди животных, а такое обстоятельство ведет к артефакту «притяжения длинных ветвей» (LBA) в сконструированных деревьях. Недавно полученные методами высокопроизводительного секвенирования геномные и транскриптомные данные дали материал для сравнения этих групп по сотням генов – десяткам тысяч молекулярных признаков. Теперь гораздо больше простора для оценки гипотез. Наиболее устойчивая к LBA из разработанных к настоящему времени гетерогенная модель аминокислотных замещений (CAT) в случае ее применения к достаточно «толстому» выравниванию, а также кладистический анализ отдельных молекулярных признаков с низким уровнем гомоплазии однозначно помещают ортонектид среди аннелид, ближе к кроне их филогенетического дерева, как сестринскую группу лобатоцеребрид – своеобразных интерстициальных архианнелид. Имеются также детали строения мышечной и нервной системы, уникальные для ортонектид и лобатоцеребрид. Дициемиды входят в большой таксон первичноротых надтипового ранга, Lophotrochozoa, но не принадлежат ни к одному современному типу. Это древние паразиты головоногих, которые не имеют в современной фауне близких свободноживущих родственников. Таким образом, вместо филогении Mesozoa необходимо отдельно рассматривать филогению ортонектид (которая кажется в основном разгаданной) и филогению дициемид.

# ПРИМЕНЕНИЕ КОНФОКАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ ЛАЗЕРНОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ЦИКЛОСТОМНЫХ МШАНОК (BRYOZOA, STENOLAEMATA)

Е.В. Беликова<sup>\*1</sup>, А.Н. Островский<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия. <sup>2</sup>Венский Университет, г. Вена, Австрия. \*E-mail: [090189@mail.ru](mailto:090189@mail.ru)

Мшанки (тип Bryozoa) — древняя и разнообразная группа водных колониальных животных, большинство представителей которой обладает известковыми или хитиновыми скелетными образованиями. Большое морфологическое разнообразие мшанок во многом является отражением длительной эволюции их скелетов. Мышечная система наиболее тесно связана с особенностями организации скелета, так как последний накладывает ряд серьезных ограничений на развитие и функционирование мускулатуры. Несмотря на многолетнюю историю изучения морских мшанок наши знания об организации мышечных систем этих животных до сих пор фрагментарны. Реконструкция мышечной системы по сериям гистологических срезов является сложной задачей ввиду малого размера зооидов. Конфокальная сканирующая лазерная микроскопия (CLSM) позволяет визуализировать сложную систему тонких мышечных филаментов и их пучков, включая их число и взаиморасположение. При помощи CLSM было исследовано пять видов беломорских мшанок из отряда Cyclostomata, относящихся к четырем семействам. Для всех видов характерен общий план строения мышечной системы, который включает в себя следующие группы мышц: апертуральные мышцы, мышцы мембранной сумки, мышцы лофофора, мышцы-ретракторы полипида и мускулатура пищеварительного тракта. Апертуральные мышцы являются наиболее вариабельной группой, тогда как остальные функциональные группы имеют сходный состав мышечных элементов. Это, по-видимому, связано с разницей в организации вестибулюма. Нами впервые было отмечено наличие нескольких разнонаправленных мышечных пучков в основании лофофора. Одной из отличительных особенностей ретракторов полипида, мышц щупалец и глотки является поперечная исчерченность мышечных филаментов, тогда как остальные группы мышц представлены только гладкими мышечными пучками. Вполне вероятно, что наличие более быстрых исчерченных мышечных элементов в данных случаях обусловлено функциональными потребностями: улавливанием пищевых частиц и втягивания полипида.

Исследование проводилось при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант 18-14-00086).

КЛЕТКИ ПОЛОСТИ ТЕЛА *OPHELIA LIMACINA* (RATHKE, 1843) (OPHELIIDAE, ANNELIDA)П.А. Белова\*<sup>1</sup>, А.Н. Анисенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Научно-исследовательский институт физико-химической биологии им. Н. Белозерского, г. Москва, Россия. \*E-mail: [belova@wsbs-msu.ru](mailto:belova@wsbs-msu.ru)

Многие животные (кольчатые черви, моллюски, сипункулиды, членистоногие и др.) имеют клетки полости тела – целоמוциты. Их функции многообразны: иммунный ответ, заживление ран и регенерация, продукция гемоглобина, запасание веществ и др. Морфология целоמוцитов описана для таких семейств аннелид, как Arenicolidae, Opheliidae, Glyceridae, Nephtyidae, Terebelidae, Nereidae, Capitellidae. Однако обширных исследований особенностей функционирования целомоцитов аннелид крайне мало. Настоящее исследование посвящено описанию нового типа целомоцитов и их функций у *O. limacina*. У *O. limacina* нами обнаружены целомоциты двух типов: 1) маленькие округлые клетки 10-30 мкм, которые объединяются в клеточные конгломераты и участвуют в иммунном ответе; 2) амебоидные клетки 25-350 мкм длиной, содержащие в центре электронно-плотный стержень. Мы изучили ультратонкое строение этих клеток и состав стержня. Стержень состоит из амилоидных белковых фибрилл и меланина, обеспечивающего его темную окраску. Мы установили, что клетки со стержнем, как правило, не присутствуют в клеточных конгломератах вместе с целомоцитами 1 типа и не участвуют в иммунном ответе. Они выполняют другие функции: 1) образуют раневую пробку, защищая целом от проникновения патогенов; 2) аккумулируют излишки меланина, который образуется целомоцитами 1-ого типа в ходе иммунного ответа (меланин подавляет развитие патогенов). Связывание излишков меланина важно для правильного функционирования организма, т.к. он оказывает токсичное воздействие на сам организм червя. Ранее считалось, что амилоидная агрегация белков ассоциирована с развитием патологических состояний человека, например, болезни Альцгеймера. В последнее время, все чаще появляются сообщения о функциональной роли амилоида: амилоидная агрегация у бактерий приводит к образованию бактериальных пленок, устойчивых к действию антибиотиков, амилоид в меланоцитах человека связывает меланин, защищая клетки от его токсического воздействия. Т.о. наша работа демонстрирует еще один пример функционального амилоида в животном мире.

## ИЗУЧЕНИЕ КОГТЕЙ ТАРЗАЛЬНЫХ ЧЛЕНИКОВ ARANEA МЕТОДОМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

А.В. Беспятых\*, С.В. Кузнецова\*\*

Казанский (Приволжский) федеральный университет г. Казань, Россия.

E-mail: \*[andyoctopus@mail.ru](mailto:andyoctopus@mail.ru), \*\*[svtkuzn@gmail.com](mailto:svtkuzn@gmail.com)

Важнейшим ароморфозом артикулят стало приобретение ими членистых конечностей. Основное усложнение и специализация затрагивает самые дистальные отделы этих конечностей - тарзальные членики. Учитывая большое разнообразие форм поведения пауков, тактику охоты, характер использования паутины и многие другие факторы мы предположили очевидность влияния всех этих причин на строение когтей тарзальных члеников в различных таксонах пауков. Материалом для исследований послужили пауки из сборов кафедры зоологии и общей биологии и зоомузея Казанского федерального университета, а также терафозиды из личных коллекций авторов. Обработано более 150 экземпляров пауков 28 видов из 14 семейств. Для изучения когтей и микросъемки использовался СЭМ Hitachi TM-1000 при увеличениях 100-1200х. Установлено, что когти тарзальных члеников конечностей имеют характерное строение в каждом из рассмотренных семейств. На примере рода *Araneus* продемонстрирована видоспецифичность морфологии когтей. Таксономически важные структуры ярче выражены на когтях 3 и 4 пары ходильных конечностей. У большинства исследованных видов морфология переднего и заднего когтей одной конечности принципиально не отличалась за исключением представителей семейств Salticidae и Philodromidae. Выявлена эволюционная тенденция в усложнении организации когтей от простых крюкообразных, у мигаломорфных, до сложно устроенных когтей большинства аранеоморфных пауков и эволюционно молодых сальтицид с различным строением гребенок пары когтей одной конечности. Продemonстрирована онтогенетическая изменчивость когтей мигаломорфных пауков, которая заключается в формировании у ювенильных особей слабо развитых коготков гребенки, исчезающих после ряда линек у половозрелой стадии. Половой диморфизм в строении когтей характерен для представителей всех семейств, но в большей степени отмечается у видов со значительными отличиями в поведении самцов и самок. Детали строения когтей могут быть рекомендованы в качестве таксономических признаков для определения пауков, а также в качестве одного из критериев в филогенетических построениях.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

## ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АРЕАЛА КАМЧАТСКОГО КРАБА В НОВОМ МЕСТЕ ОБИТАНИЯ (БАРЕНЦЕВО МОРЕ)

В.А. Бизиков, М.В. Переладов, А.И. Буяновский\*, Д.О. Алексеев, Л.К. Сидоров

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, Россия. \*E-mail: [albuy@mail.ru](mailto:albuy@mail.ru)

Камчатский краб (*Paralithodes camtschaticus*) был вселен в несколько бухт Мурманского побережья Баренцева моря с Дальнего Востока в середине 1960-х гг. С тех пор его ареал расширился, заняв практически весь шельф от Норвегии до о. Колгуев и Воронки Белого моря. С 1994 г., когда краб стал регулярно встречаться в научных и промысловых уловах, ПИНРО и ВНИРО проводят его комплексные исследования. Наблюдавшийся рост численности позволил в 2004 г. начать промысел. В настоящее время вылов краба в российской экономической зоне Баренцева моря приблизился к 10 тыс.т, уступая по объемам только популяции этого вида на Западной Камчатке. Принципиальным отличием новых условий обитания камчатского краба от нативных является изрезанность береговой линии Кольского полуострова, способствующая формированию относительно изолированных локальных популяций. Выявлено несколько центров воспроизводства в российской части Баренцева моря. На протяжении последних 15 лет отмечено не менее 5 высокочисленных поколений краба, появлявшихся с интервалом в 2-4 года. Их формирование зависит от текущего состояния кормовой базы, наличия подходящего субстрата для оседания личинок, степени развития убежищ и сроков гидрологической весны. Темпы роста краба в Баренцевом море выше, чем в нативных условиях, и различаются по районам. В районах недавнего вселения самки значительно крупнее, чем на уже обжитых участках. Экспансия вида на восток продолжается. Обсуждаются связи между группировками в различных частях ареала. Предполагается, что в отличие от дальневосточных популяций, в Баренцевом море не существует жесткой суперпопуляционной иерархии, включающей наличие крупных независимых, зависимых и псевдо- популяций. Структура популяций камчатского краба в Баренцевом море в большей степени соответствует концепции метапопуляций, когда поселения взрослых крабов изолированы друг от друга, а связь осуществляется через личиночную фазу и миграции наиболее активных особей.

## ЗАГАДКИ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МОЗГА ЦЕСТОД

Н.М. Бисерова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

E-mail: [nbiserova@yandex.ru](mailto:nbiserova@yandex.ru)

Цестоды обладают паренхимной организацией, что делает реконструкцию мозга крайне сложной задачей. Тонкая организация мозга цестод слабо изучена, структурно-функциональные связи малопонятны. Целью исследования было выявить наличие\отсутствие закономерности между организацией мозга и функционированием прикрепительного аппарата цестод разных отрядов. На основе ультраструктурных и иммуногистохимических исследований реконструировано тонкое строение мозга 6 видов цестод из отр. *Typanorhyncha* и *Diphyllbothriidea*. Сложный прикрепительный аппарат трипаноринх обеспечивает достаточно разнообразный репертуар двигательной активности (Гордеев, Бисерова, 2016), снабжён богатым сенсорным аппаратом (Biserova et al., 2016). Мозг трипаноринх имеет сложную архитектуру и состоит из 9 долей, объединенных полуколыцевыми, медианной и Х-крестовой комиссурами (Бисерова, Корнева, 2012; Biserova, 2016). Характерной чертой мозга являются четко дифференцированные и морфологически оформленные нейропили всех 9-ти долей, вокруг которых группами расположены нейроны. В составе Х-крестовых комиссур выявлены уникальные нейроны с необычной ультраструктурой, не описанные ранее в нервной системе цестод. Их аксоны по всей длине окружены электронно-плотным материалом, природа которого и его клеточный источник пока неизвестны. Функционально, это аналог миелиновой оболочки аксонов позвоночных. Вероятно, нейроны участвуют в управлении движениями сколекса; их аксоны изолированы и входят в состав бульбарных нервов. Хоботковый аппарат трипаноринх иннервируется бульбарными нервами и серотонинэргическими нейронами в составе ретракторов хоботка (Бисерова с соавт., 2016). В состав бульбарных нервов входят по 3 гигантских аксона, иннервирующих мышцы хоботковых бульбусов (Biserova, 2008; Бисерова, Корнева, 2012). 4 серотонинэргических биполярных нейрона обнаружены в ретракторах хоботков плероцеркоида *Progrillotia* sp. В отличие от трипаноринх, дифиллоботрииды имеют двудольный мозг, в медианной комиссуре которого лежат нейроны, иннервирующие экринные железы. Прикрепительный аппарат состоит из мягких мышечных складок ботрий. Клетки желез занимают все окружающее мозг пространство. Серотонин-, пептид- ГМКэргический компартменты нервной системы представлены в мозге дифиллоботриид. Двигательная активность плероцеркоидов крайне низкая. Сенсорные органы ко-локализованы с протоками экринных желез (Бисерова, Кемаева, 2014; Biserova et al., 2014; Kuttyrev et al., 2017; Mustafina, Biserova, 2017). Функциональное значение обсуждается.

ЭНДОПАРАЗИТИЧЕСКИЕ ЛИЧИНКИ МОРСКОГО ПАУКА *PHOXICHILIDIUM FEMORATUM* (RATHKE, 1799) (PYCNOGONIDA: PHOXICHILIDIIDAE)

Е.В. Богомолова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

E-mail: [k-bogomol@yandex.ru](mailto:k-bogomol@yandex.ru)

Пикногониды – древние первичноморские хелицеровые, сохранившие длительное личиночное развитие. Первой постэмбриональной стадией обычно является протонимфон с тремя парами конечностей, далее в ходе анаморфного роста развиваются последующие сегменты и ноги, провизорные личиночные конечности заменяются дефинитивными. Описано несколько типов развития, отклоняющихся от базового. Представителям семейства Phoxichilidiidae свойственно развитие с эндопаразитической личинкой. В 2018 г. в районе ББС МГУ впервые найдены эндопаразитические стадии *Phoxichilidium femoratum* (Rathke, 1799), обитающие в гастральной полости гидроидов *Bougainvillia* sp. Протонимфоны *Ph. femoratum* миниатюризованы, лишены запаса желтка и прядильного аппарата, а их личиночные ножки сильно удлинены. Найдя кормовой объект, личинки линяют и внедряются в гастральную полость полипов, где проходят не менее двух линек. Одновременно закладываются почки трёх пар ходильных ног. После очередной линьки ноги имеют вид длинных несегментированных конечностей, изогнутых для компактизации внутри полипа, появляются почки четвёртой пары ног, наблюдается пульсация кишечника. Полипы *Bougainvillia*, заражённые личинками пикногонид, утрачивают щупальца и приобретают вид тонкостенных пузырей. Следующая линька происходит одновременно с выходом молоди во внешнюю среду, при этом стенка тела полипа-хозяина разрывается. Свободноживущая стадия *Ph. femoratum* обладает тремя парами полностью сегментированных ног. За время паразитирования в гидроидах длина тела увеличивается от 50 (у протонимфона) до 600 мкм. По сравнению с типичным анаморфным развитием пикногонид у *Ph. femoratum* сокращено число линек и ускорено развитие ног.

Личиночные конечности 2-й и 3-й пар претерпевают регрессивное развитие: после первой линьки сохраняются лишь двучлениковые рудименты, длинные терминальные членики сбрасываются для облегчения внедрения в полипов; далее редукция продолжается. У взрослых особей *Ph. femoratum* 2-я пара конечностей (пальпы) представлена рудиментарными бугорками, 3-я (яйценосные ножки) развивается только у самцов. Ранее изучена микроскопическая анатомия и ультраструктура протонимфонов *Ph. femoratum*, значительной находкой стало обнаружение нефридиев в основании личиночных ножек 2-й и 3-й пар. После первой линьки поры, соответствующие положению нефропор у протонимфона, сохраняются на обеих парах ножек, у старших стадий – на рудиментах пальп. Это второй пример нахождения нефридиев у пикногонид.

## ВНУТРИПОРОШИЦЕВЫЕ - ЭПИБИОНТЫ СИПУНКУЛИД

А.О. Борисанова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

E-mail: [borisanovaaao@mail.ru](mailto:borisanovaaao@mail.ru)

Большинство одиночных видов Entoprocta являются эпибионтами различных групп беспозвоночных животных. Одним из типов хозяев являются сипункулиды. На сегодняшний день известно 11 видов вунтрипорошицевых, обитающих на теле сипункулид. В настоящей работе исследованы материалы 63 экспедиции на научно-исследовательском судне «Академик Мстислав Келдыш» в Карское море и море Лаптевых в сентябре-октябре 2015 г.; материалы экспедиции «SokhoBio» на научно-исследовательском судне «Академик Лаврентьев» в Охотское море в июле-августе 2015 г.; материалы сборов судна "Håkon Mosby" в Согне-фьорде (Норвежское море) в июле 2016 г. В ходе исследований найдено четыре вида одиночных внутрипорошицевых рода *Loxosomella*, обитающих на теле сипункулид. На сипункулидах *Phascolion strombi*, собранных в море Лаптевых на глубине 72 м, были найдены представители рода *Loxosomella*, морфология которых соответствует морфологии *L. bouxini* Bobin & Prenant, 1953, описанного из Северо-Восточной Атлантики. Три других вида, очевидно, являются новыми для науки. На сипункулиде *Golfingia margaritacea* из Охотского моря, собранной на глубине 3216 м, найдены особи *Loxosomella* с длиной особей 638-1009 мкм, 12 щупальцами, желудком отчетливо трехлопастной формы, расширенным прикрепительным диском на конце ножки. На неопределенной сипункулиде из Согне-фьорда, собранной на глубине 369 м, обнаружены два вида *Loxosomella*. Первый вид длиной около 750 мкм, имеет 12-13 щупалец, сердцевидный желудок с двумя боковыми долями, относительно длинную ножку, которая прикрепляется к субстрату задней частью основания. Второй вид длиной около 500-600 мкм, несет 12 щупалец, с округлым желудком и более короткой ножкой, которая крепится к субстрату прикрепительным диском. В результате проведенных исследований обнаружено несколько новых видов внутрипорошицевых, отмечены новые точки их географического распространения, показано, что сипункулиды как хозяева внутрипорошицевых встречаются не только в шельфовой зоне, но и в глубоководных местах обитания.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 14-50-00029, РФФИ № 15-29-02601.

У ОБЫКНОВЕННЫХ ГУБОК ТОЖЕ ЕСТЬ *PARAHOX*, ИЛИ СИСТЕМА ГОМЕОБОКСНЫХ ГЕНОВ *HALISARCA DUJARDINI* (DEMOSPONGIAE)И.Е. Борисенко\*<sup>1</sup>, А.В. Ересковский<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.<sup>2</sup>Средиземноморский институт морского и сухопутного биоразнообразия и экологии, г. Марсель, Франция. \*E-mail: [ilja.borisenko@gmail.com](mailto:ilja.borisenko@gmail.com)

Гомеобокс-содержащие гены кодируют транскрипционные факторы с ультраконсервативным гомеодоменом, отвечающим за связывание с ДНК-мишенью. Они обнаружены у всех животных и подразделяются не менее, чем на 19 классов. Представители как минимум одного суперсемейства – *Antennapedia* – участвуют в регуляции многих процессов в развитии, в паттернировании осей тела и дифференцировке клеточных типов. В суперсемейство *Antennapedia* входят классы *Hox*, *ParaHox* и *NK*, притом у губок не обнаружены *Hox*-гены, а репертуар *ParaHox* и *NK* сильно разнится у исследованных видов. Кластерная организация *NK*-генов, характерная для *Bilateria*, наблюдается и у губок, а у *Amphimedon queenslandica* были обнаружены т.н. «призрачные локусы» *Hox*-генов – участки геномной ДНК, фланкирующие данные гены, однако кодирующие регионы найдены не были. С помощью биоинформатических методов в транскриптоме демоспонгии *Halisarca dujardini* был осуществлен поиск гомеобокс-содержащих генов, выполнен филогенетический анализ с использованием репрезентативной выборки ортологов из разных классов гомеобоксов *Metazoa*. Последовательности из суперсемейства *Antennapedia* клонированы, паттерны экспрессии исследованы методом WMISH (whole mount in situ hybridization) на разных стадиях развития. Нами были идентифицированы более 70 гомеобокс-содержащих генов. С помощью предсказания доменной организации и филогенетическими методами показано распределение их по классам, описанным для *Bilateria*. В составе суперсемейства *Antennapedia* не обнаружено *Hox*-генов, однако присутствует один *ParaHox* – ортолог гена *cdx* (*caudal*). Идентичный набор наблюдается у кальциевой губки *Sycon ciliatum* (один *ParaHox* и нет *Hox*), тогда как у *Amphimedon* из того же класса *Demospongiae* гены класса *ParaHox* отсутствуют, вероятно, в силу вторичной утраты. *NK*-гены широко представлены в геноме *H. dujardini*. Многие из *Antennapedia* экспрессируются в ходе развития *H. dujardini*. Предполагается их участие в спецификации осей зародыша и типов клеток, получено новое подтверждение наличия *ParaHox* у общего предка *Metazoa*.

Работа выполняется при поддержке Российского научного фонда (проект №17-14-01089).

# ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ СИМБИОНТОВ КОРАЛЛОВ В АКВАКУЛЬТУРЕ

Т.А. Бритаев

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия.

E-mail: [britayev@yandex.ru](mailto:britayev@yandex.ru)

Высокое разнообразие коралловых рифов обеспечивается в первую очередь малозаметными животными, скрывающимися среди ветвей, ходов, полостей и трещин в кораллах и других сидячих ландшафтообразующих организмов. Эта криптофауна играет огромную роль в формировании трофических сетей на рифе, которая до сих пор не до оценена, а работ о составе, роли симбионтов и процессах, происходящих в симбиотических сообществах не много. В настоящей работе рассматривается роль симбионтов в функционировании коралловых сообществ, методы изучения симбионтов кораллов и выращивания живых кораллов на искусственных носителях (в аквакультуре). Использование выращивания кораллов в аквакультуре позволило нам рассмотреть ранние стадии формирования симбиотических сообществ кораллов, показать, что заселение молодых колоний происходит, как за счет первичного заселения оседающими личинками, так и за счет вторичного расселения – миграций симбионтов со смежных колоний кораллов; показать, что в структуре сообществ симбионтов из природы и на колониях из аквакультуры есть различия; а также что колонии кораллов без симбионтов гибнут от хищников, а с симбионтами – способны противостоять их атакам.

ГЕРМАФРОДИТИЗМ И ИНТЕРСЕКСУАЛЬНОСТЬ У *CLAVA MULTICORNIS* (HYDROZOA, CNIDARIA)

Ю.А. Бурмистрова\*, И.А. Косевич

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [yuliya.burmistrova@yandex.ru](mailto:yuliya.burmistrova@yandex.ru)

Исследователей с давних времен волнуют вопросы дифференцировки клеток зародышевой линии (GSCs), а также вопросы эпигенетической регуляции, определяющей потенцию GSCs к формированию клеток женской и мужской линий. Истинный гермафродитизм известен лишь для небольшого числа представителей группы Hydrozoa. Большинство исследований данного явления выполнено на полипах рода *Hydra*, для которых описано явление маскулинизации, когда клетки мужской половой линии (SpSCs), при трансплантации ткани из мужского полипа в женский, ингибируют дифференцировку клеток женской линии (EgSCs). Для вида *Hydractinia echinata* описано явление интерсексуальности – развития половых клеток разного типа внутри одного гонофора. Впервые в колониях *C. multicornis* нами обнаружены гермафродитные гидранты (с женскими и мужскими гонофорами), несущие интерсексуальные гонофоры. Такие особи встречаются среди растущих рядом женских и мужских колоний. При помощи световой и электронной микроскопии (ТЭМ) исследованы стадии развития интерсексуальных гонофоров. Случаи возникновения гермафродитных гидрантов с интерсексуальными гонофорами ранее описаны не были, более того, *C. multicornis* - массовый литоральный вид, весьма успешно культивируемый в лабораторных условиях. Поэтому данный представитель *Hydrozoa* является уникальным объектом для исследования гермафродитизма и интерсексуальности у книдарий, а также, может быть использован для изучения механизмов половой детерминации.

## РАЗНООБРАЗИЕ И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АНТЕННАЛЬНЫХ СЕНСИЛЛ ИМАГО СКОРПИОННИЦ (INSECTA: MECOPTERA)

М.Ю. Валуйский

Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: [sphingonaepiopsis@gmail.com](mailto:sphingonaepiopsis@gmail.com)

Скорпионницы (Mecoptera) – представители таксона Antliophora, родственного группе Amphiesmenoptera, включающей чешуекрылых и ручейников. В ходе ранней эволюционной дивергенции общие предки этих насекомых приобрели способность к восприятию видоспецифических химических сигналов с помощью антеннальных сенсилл. Сравнение разнообразия и особенностей распределения сенсилл у Mecoptera и Amphiesmenoptera позволит проследить эволюцию этих структур и определить вероятный исходный план строения сенсорной поверхности антенн. Предыдущие исследования показали большое разнообразие сенсилл у ручейников, что обусловлено сложной феромонной коммуникацией у этих насекомых. В настоящем исследовании рассмотрено строение антенн 4 видов скорпионниц: *Panorpa communis* Imhoff & Labram (Panorpidae), *Bittacus* sp. (Bittacidae), *Nannochorista andina* Byers (Nannochoristidae), *Boreus westwoodi* Hagen (Boreidae). Были сделаны серийные снимки поверхности антенн 2-5 представителей каждого вида с помощью сканирующего электронного микроскопа Jeol NeoScope JSM-5000 при увеличении 200-400, подсчёт количества сенсилл выполнен в программе ImageJ. Антенны Mecoptera несут 6 типов сенсилл: длинные трихоидные (длина 50  $\mu\text{m}$ ; до 100 на сегменте) короткие трихоидные (длина 12-20  $\mu\text{m}$ ; до 60 на сегменте), хетоидные (длина 50  $\mu\text{m}$ ; 4-8 на сегменте), целоконические (диаметр 5-7  $\mu\text{m}$ ; до 5 на сегменте) и базиконические (диаметр 2  $\mu\text{m}$ ; 1-2 на сегменте), а также Бёмовы щетинки (длина 7-12  $\mu\text{m}$ ; до 30, на скапусе и педицеллуме). Распределение сенсилл по поверхности сегментов флагеллума равномерное и неспециализированное, без скоплений или выраженных сенсорных полей. Наибольшее структурное разнообразие достигается в медиальной части антенны. Общее количество сенсилл примерно одинаково на поверхности всех сегментов. На флагеллумах *Nannochorista andina* и *Panorpa communis* присутствует 4 типа сенсилл, а у *Boreus westwoodi* и *Bittacus* sp. – только 3 типа. В сравнении с ручейниками (более 7 типов сенсилл), разнообразие кутикулярных структур на антеннах скорпионниц существенно меньше. В сочетании с равномерностью распределения сенсилл по антеннальной поверхности, это свидетельствует о слабой специализации воспринимающего аппарата. Наличие целоконических и многочисленных коротких трихоидных сенсилл показывает важность хеморецепции в поведении этих насекомых.

## ГЛУБОКОВОДНЫЕ НОВОСТИ, ИЛИ НУЖНЫ ЛИ НАМ 95% ОБИТАЕМОЙ БИОСФЕРЫ

А.Л. Верещака\*, Д.Н. Кулагин, А.А. Лунина

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия. \*E-mail: [alv@ocean.ru](mailto:alv@ocean.ru)

Находясь в сердце самого большого континента мы забываем, что на самом деле живем в экстремальных условиях земной биосферы. Норма для нашей биосферы, или по крайней мере для 95 % её обитаемого объема, – это давление в десятки или сотни атмосфер, дефицит или полное отсутствие света, постоянная температура ниже 7 градусов Цельсия, и главное – жидкая, а не твердая или воздушная среда. Стоит осознать, что среди обитателей Земли мы – «фрики» и попробовать понять, что происходит в толще воды океана, в самом большом биотопе нашей планеты. Масштаб биотопа предполагает масштабность задач и многообразие методов его изучения – от традиционных, с помощью тралов, сетей и микроскопов, до современных – молекулярно-генетических и даже спутниковых. Мы рассмотрим эволюционные деревья разных групп высших пелагических ракообразных, построенные с применением морфологических и молекулярных методов, обсудим особенности эволюции планктонных животных в толще воды и узнаем, например, насколько сложные копуляторные органы важны для успешной колонизации толщи вод океана. Мы остановимся на отдельных биогеографических проблемах и попробуем предположить наиболее вероятные факторы, определяющие границы в жидком и, казалось бы, однородном океане. Постараемся понять, почему в середине океана вдруг кончается ареал одного вида и начинается ареал другого, почему популяции одного вида из удаленных частей океана генетически ближе друг к другу, чем из соседних. Мы остановимся на факторах среды, которые определяют основные параметры глубоководных сообществ – биоразнообразие, численность и биомассу видов – и увидим, что один из главных – это продуктивность акватории. Причем фактор продуктивности работает в толще воды не только на поверхности, но и до глубины по крайней мере 3000 м. Мы увидим, что основные скопления планктона находятся не там, где мы ожидали – в слое основного термоклина, – а глубже. Выясним, что креветки – одна из доминирующих групп глубоководного зоопланктона, их биомасса на порядок больше, чем думали ранее, и попробуем понять, почему наши предшественники так ошиблись с оценкой роли креветок, привлечем для этого наблюдения из глубоководных аппаратов. А в заключение попробуем наметить наиболее горячие точки в изучении холодных глубин океана.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 18-14-00231.

ЭВОЛЮЦИЯ ГЕНОВ *BRACHYURY* У КОЛОНИАЛЬНОГО ГИДРОИДНОГО ПОЛИПА *DYNAMENA PUMILA*А.А. Ветрова<sup>1</sup>, Т.С. Багаева<sup>1,3</sup>, Д.М. Купаева<sup>1</sup>, Ю.А. Краус<sup>1,2</sup>, С.В. Кремнёв<sup>\*1,2</sup><sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия. <sup>2</sup>Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова, г. Москва, Россия. <sup>3</sup>Университет Вены, г. Вена, Австрия.\*E-mail: [s.kremnyov@gmail.com](mailto:s.kremnyov@gmail.com)

Гомологи T-box гена *Brachyury* играют важную роль в дифференцировке и морфогенезе мезодермы во время раннего развития большинства представителей группы *Bilateria*. Ген *Brachyury* является самым древним из семейства T-box генов и появился еще до формирования группы *Metazoa*. У большинства животных *Brachyury* представлен в геноме одной копией, однако среди типа *Cnidaria* для класса *Hydrozoa* характерно наличие двух паралогов гена *Brachyury*. При этом на гидре была показана неофункционализация дублированных генов. В ходе анализа референсного транскриптома морского гидроидного колониального полипа *Dynamena pumila* (Linnaeus, 1758) мы обнаружили три паралога гена *Brachyury*. Анализ белковых и нуклеотидных последовательностей предполагает, что Dp-Bra3 и Dp-Bra2 являются близкими паралогами, произошедшими в результате специфической дубликации гена. Нами были клонированы участки нуклеотидных последовательностей всех трех идентифицированных генов *Brachyury* для исследования паттернов их экспрессии в развитии *D. pumila* методом гибридизации *in situ*. Все три гена Dp-Bra у взрослого зооида экспрессируются в гипостоме. Раньше всего в развитии детектируется Dp-Bra1 со стадии ранней гаструлы как в эктодерме, так и в энтодерме. На поздней гаструле экспрессия ассоциирована с областью последнего тора, последнего места, где заканчивается эпителизация эмбриона. Со стадии ранней препланулы экспрессия детектируется в эктодерме на оральном полюсе личинки, а также в единичных клетках энтодермы. Экспрессия Dp-Bra2 сильно перекрывается с паттерном Dp-Bra1, однако начинает экспрессироваться только со стадии поздней гаструлы. Dp-Bra3 имеет отличный паттерн экспрессии. Со стадии препланулы экспрессия наблюдается в отдельных клетках, располагающихся кольцом в центральной части личинки. На стадии препланулы, клетки, экспрессирующие Dp-Bra3 локализуются в прибазальной части эктодермы. Основываясь на морфологии и локализации наиболее вероятно, это ганглиозные нервные клетки. На сегодняшний день нет данных об участии гена *Brachyury* в развитии нервной системы ни для каких животных. Наши данные предварительно подтверждают концепцию суб- и неофункционализации при удвоении генов и показывают, что расхождение кодирующей последовательности в паралогах может привести к резким изменениям в структуре и функции.

Работа поддержана грантом РФФИ № 17-04-01988a

## УЛЬТРАСТРУКТУРА ГЛАЗ ПОЛИХЕТ СЕМЕЙСТВА OWENIIDAE

С.С. Водопьянов\*<sup>1</sup>, Тим вон Палубицкий<sup>2</sup>, Гюнтер Пуршке<sup>2</sup><sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.<sup>2</sup>Университет Оснабрюка, г. Оснабрюк, Германия. \*E-mail: [stepan.vodopianov@yandex.ru](mailto:stepan.vodopianov@yandex.ru)

Oweniidae относятся к так называемым «базальным» семействам полихет, наиболее близким к последнему общему предку аннелид. Чтобы подтвердить подобные филогенетические гипотезы, нужно провести детальные морфологические исследования этих животных. В рамках сравнительного изучения ультраструктуры глаз аннелид мы начали именно с Oweniidae. Представители другого «базального» семейства – Amphinomidae – отошли от общего ствола аннелид позже Oweniidae и уже имеют две пары нормальных конвертированных церебральных глаз взрослого типа. Поэтому сведения о строении глаз Oweniidae могут помочь при реконструкции исходного строения глаз взрослых аннелид. Глаза *Galatowenia oculata* (Zachs, 1923) и *Owenia fusiformis* Delle Chiaje, 1844 были изучены с помощью световой микроскопии и ТЭМ. У полихет обоих видов имеется одна пара пигментированных глаз по бокам простомиума, при этом у некоторых экземпляров *G. oculata* были отмечены дополнительные пигментные полосы, идущие на спинную сторону. У обоих видов пигментные клетки образуют пятно, область эпидермиса, не формируют чашу и расположены неплотно. У *G. oculata* предположительно фоторецепторные клетки имеют по одной ресничке, значительная часть цитоплазмы этих клеток заполнена крупными вытянутыми митохондриями и большим количеством вакуолей с электронно-прозрачным содержимым, похожие клетки обнаружены и в области пигментных полосок. Пигментированные и непигментированные поддерживающие клетки несут крупные вакуоли с гомогенным содержимым средней электронной плотности, которые выпячиваются в сторону кутикулы и образуют линзовидную структуру. Полученные данные говорят о том, что у Oweniidae глаза отличаются от типичных взрослых глаз аннелид.

Работа поддержана программой DAAD «Восточное партнерство», а также совместной программой МГУ и DAAD «Владимир Вернадский» в 2016 г.

ОБЩЕЕ И ТОНКОЕ СТРОЕНИЕ КНИДОСАКОВ *AEOLIDIA PAPILLOSA*, *EUBRANCHUS RUPIMUM* И *TENELLIA VIRIDIS* (GASTROPODA: NUDIBRANCHIA)

О.А. Воробьева\*, И.А. Екимова, В.В. Малахов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [olgavorobyeva.95@gmail.com](mailto:olgavorobyeva.95@gmail.com)

Голожаберные моллюски (Gastropoda: Nudibranchia) приобрели способность к отбору стрекательных капсул своих жертв – различных Cnidaria. Стрекательные капсулы, попав в организм моллюска, не перевариваются, а накапливаются в особых мешочках (книдосаках) и используются моллюском для собственной защиты. Этот процесс был открыт в середине XIX века, но его динамика и особенности ультраструктуры книдосаков слабо изучены. В этой работе представлена сравнительная микроанатомия книдосаков 3 видов голожаберных моллюсков *Aeolidia papillosa* (Linnaeus, 1761), *Eubranhus rupium* (Møller, 1842) и *Tenellia viridis* (Forbes, 1840). Материал для работы был собран в окрестностях ББС МГУ с 2015 по 2018 гг. В работе использованы трансмиссионная и сканирующая электронная микроскопия, конфокальная лазерная микроскопия. Книдосак – полый мешочек, располагающийся на конце спинных выростов (церат), образован слоями кольцевой и продольной мускулатуры. В нем можно выделить три зоны: зона сфинктера, зона книдофагов, зона книдопора. Через сфинктер, выстланный ресничным эпителием, стрекательные капсулы попадают в просвет книдосака. В люмене книдосака лежат книдофаги – специализированные клетки пищеварительной железы, фагоцитирующие отобранные книдоциты. Терминально располагается апикальная зона, представленная сильно вакуолизированными эпителиальными клетками. Сравнение книдосаков *Aeolidia papillosa*, *Eubranhus rupium* и *Tenellia viridis* позволило выявить некоторые отличия. У *Aeolidia papillosa* и *Tenellia viridis* книдосак образован мощными слоями кольцевой и продольной мускулатуры, между которыми проходят отростки нервных клеток, а у *Eubranhus rupium* выделяется всего один продольный слой, отростки нервных клеток обнаружены не были. Типы стрекательных капсул отличаются у данных видов, что связано с разными объектами питания и особенностями селекции капсул в пищеварительной железе моллюсков. Сенсорные реснички, участвующие в выстреливании книдосаков, у *Aeolidia papillosa* формируют сплошной слой на поверхности церат, а у *Eubranhus rupium* и *Tenellia viridis* собраны в редкие пучки. Апикальная зона у *Aeolidia papillosa* крайне специализирована по сравнению с *Eubranhus rupium* и *Tenellia viridis*: она представлена сильно вакуолизированным микровиллярным кубическим эпителием, содержащим большое количество хитиновых гранул и, вероятно, играет ключевую роль в процессе выстреливания книдосака. Дальнейшие исследования, проводимые в этом направлении, позволят пролить свет на эволюцию процесса отбора стрекательных капсул и механизм их селекции.

## ФОРМИРОВАНИЕ БАЗОВОГО ПЛАНА СТРОЕНИЯ В НЕЙРОГЕНЕЗЕ ТРОХОФОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

Е.Е. Воронежская

Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, г. Москва, Россия.

E-mail: [lenavor@gmail.com](mailto:lenavor@gmail.com)

Начальные этапы нейрогенеза всегда были самым загадочным и интригующим моментом в формировании нервной системы. В различных группах трохофорных животных строение личиночной нервной системы может сильно отличаться у личинок одной филогенетической группы или, наоборот, быть сходным у личинок далеких филогенетических групп. Существует ли период в развитии, когда такой разницы не существует или она минимальна? Какие признаки в строении ранней нервной системы можно считать базовыми? Ответ на эти вопросы позволит разрешить многие филогенетические и эволюционные противоречия, существующие в настоящее время в группе Lophotrochozoa. Использование современных морфологических методов иммунохимического маркирования в комбинации с лазерной конфокальной микроскопией позволило накопить существенный сравнительно-морфологический материал, охватывающий широкий спектр представителей различных групп Lophotrochozoa. В докладе будут обобщены как собственные данные последних лет о ранних событиях в нейрогенезе моллюсков и аннелид, так и имеющиеся в литературе по другим группам трохофорных животных. Приведены аргументы в пользу гипотезы о морфогенетической роли ранних пионерных нейронов, предложена новая функция апикального органа, как обеспечивающего поляризацию личинки на ранних стадиях развития. Рассмотрены различные сценарии нейрогенеза, выделены общие морфогенетические события, наблюдаемые у различных личинок. В частности, будет показано, что именно пути отростков пионерных нейронов, а не расположение их тел, служат основой для формирования парных вентральных нервных стволов, вдоль и в ассоциации с которыми потом начинается дифференцировка нейронов центральных нервных структур. Современные молекулярно-генетические данные подтверждают существенный консерватизм в паттернинге апикального отдела и дорсовентрального региона. Хотя вопрос о базовом строении анцестрального представителя Bilateria по-прежнему остается открытым, мы считаем апикальный орган и парные вентральные стволы базовым признаком строения трохофорных животных, неизменно проявляющимся в раннем развитии.

Работа поддержана грантами РФФИ № 15-29-02650 и № 18-04-01213.

## ЗАГАДКИ ОРГАНИЗАЦИИ РАДУЛЫ У МОЛЛЮСКОВ – АПЛАКОФОР

Е.В. Ворцепнева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

E-mail: [vortcepneva@gmail.com](mailto:vortcepneva@gmail.com)

Радула – необычный и уникальный орган, характерный для группы Mollusca. Не смотря на то, что морфология радулы является одним из ключевых определительных признаков для всех моллюсков, данные о строении, онтогенезе и гистогенезе радулы и связанных с ней структур крайне фрагментарны. Тем не менее, основываясь на многочисленных данных по общей морфологии, можно выявить следующие закономерности эволюции радулярного аппарата в разных группах моллюсков: невысокое разнообразие радулы внутри группы по причинам малой подвижности головы (как наблюдается у Polyplacophora) или по причине высокой специализации питания (как у Cephalopoda и Scaphopoda) и невероятно высокое разнообразие радулы у Gastropoda, связанное с высоким разнообразием пищевых объектов и типов питания. Aplacophora представлена двумя группами червеобразных, лишенных цельной раковины, моллюсков Solenogastres и Caudofoveata. При том, что морфологическое разнообразие этих групп довольно скудное, радула аплакофор отличается высоким разнообразием. Радула соленогастров претерпевает невероятные изменения от вторично многорядной вплоть до редукции, что связано с переходом к сосущему типу питания. У других видов соленогастров радула может преобразовываться в двурядную, приобретая вид щипцов, удобных для откусывания частей полипов разных Cnidaria. Эволюция радулярного аппарата второй группы аплакофор (Caudofoveata) шла по направлению формирования щиппой, расположенных вертикально на одонтофоре. Такие радулы по общей морфологии схожи с челюстными образованиями эуниций (Eunicida, Annelida) и челюсти гнатостомулид (Gnathostomulida), что можно оценить как конвергентные сходства.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РЕВИЗИИ ГРУППЫ ВИДОВ *SCAPHOLEBERIS KINGII* В ТРОПИКАХ СТАРОГО СВЕТА И АВСТРАЛИИ

П.Г. Гарибян

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия.

E-mail: [petr.garibyan21@mail.ru](mailto:petr.garibyan21@mail.ru)

В последние годы ветвистоусые ракообразные (Crustacea: Cladocera) все чаще становятся объектами комплексных ревизий, сочетающих в себе как морфологические, так и молекулярно-генетические подходы. Однако до сих пор остается немало слабо изученных групп видов, в том числе среди планктонных кладоцер. Цель нашей работы заключалась в ревизии группы видов *Scapholeberis kingii* в тропиках Старого Света и Австралии. Материалом для работы послужили пробы из Австралии, Эфиопии, Юго-Восточной Азии и юга Дальнего Востока России. Морфологические особенности партеногенетических и гамогенетических самок в них были исследованы по стандартной схеме, с использованием светового и сканирующего электронного микроскопов. Для некоторых популяций были получены последовательности митохондриальных генов (12S и COI). В результате проведенной работы было установлено, что по морфологии партеногенетические самки из перечисленных регионов практически идентичны. При этом по строению эфиппиев удастся выделить как минимум два вида: в Австралии (типовое местообитание *S. kingii* Sars, 1888) и в Старом Свете (новый для науки вид). Анализ нуклеотидного разнообразия последовательности 12S и COI поддерживает выделение этих видов, однако указывает на то, что популяции из водоемов юга Дальнего Востока представляют собой еще один неописанный вид. К сожалению, в пробах из этого региона нами не были найдены гамогенетические самки. Описание морфологических особенностей их эфиппиев – задача следующего исследования. В целом, незначительное число морфологических отличий, затрагивающих только строение эфиппиев, нередко наблюдается внутри групп близких видов планктонных кладоцер. В связи с этим молекулярно-генетические подходы незаменимы для разграничения близких видов внутри таких групп.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-00389 мол\_а.

## ФАУНА ГЛУБОКОВОДНЫХ ЖЕЛОБОВ МИРОВОГО ОКЕАНА: ЧТО НОВОГО?

А.В. Гебрук

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия.

E-mail: [agebruk@gmail.com](mailto:agebruk@gmail.com)

Глубоководные океанические желоба занимают особую вертикальную зону в Мировом океане, называемую «ультраабиссальной» (или «хадальной»). Это зона глубин свыше 6000 м. Ультраабиссаль занимает всего 1-2% площади океана, но по вертикальной шкале (от 0 до примерно 11 тыс. м) на желоба приходится около 45% океанических глубин. Значение ультраабиссальной фауны для понимания эволюции жизни на планете, пределов существования живых организмов и их адаптивных возможностей трудно переоценить. Отечественная наука внесла фундаментальный вклад в изучение фауны глубоководных желобов: монографии Г.М. Беляева 1966 и 1989 гг. стали для мировой биоокеанологии этапными в этом направлении. С окончанием «советской» эпохи в исследовании желобов почти на 20 лет наступило «затишье». В последнее десятилетие мировая наука, в том числе, отечественная «вернулась» в желоба. В докладе будут рассмотрены примеры исследований фауны океанических желобов последних лет.

# КАЛЬМАР *GONATUS FABRICII* (CERHALOPODA) – НА ВЕРШИНЕ ТРОФИЧЕСКОЙ ЦЕПИ АРКТИКИ: АНАЛИЗ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ В КЛЮВАХ

А.В. Голиков<sup>\*1</sup>, Ф.Р. Цейа<sup>2</sup>, Р.М. Сабилов<sup>1</sup>, З.И. Зарипова<sup>1</sup>, М.Э. Блихер<sup>3</sup>, Д.В. Захаров<sup>4</sup>, Дж.К.К. Ксавьер<sup>2,5</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия. <sup>2</sup>Университет Коимбры, г. Коимбра, Португалия. <sup>3</sup>Гренландский институт природных ресурсов, г. Нуук, Гренландия. <sup>4</sup>Полярный НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии, г. Мурманск, Россия. <sup>5</sup>Британское управления по изучению Антарктики (British Antarctic Survey), г. Кэмбридж, Великобритания. \*E-mail: [golikov\\_ksu@mail.ru](mailto:golikov_ksu@mail.ru)

Кальмар *Gonatus fabricii* (Lichtenstein, 1818) является одним из самых распространенным видов беспозвоночных в пелагических экосистемах Арктики, достигая в отдельные годы биомассы в 4 – 6 млн. тонн в нордическом бассейне. Это единственный вид кальмаров, являющийся голарктической формой: жизненный цикл полностью реализуется в северном полярном бассейне. Целью работы была оценка его экологической роли на основании анализа стабильных изотопов в клювах. В материале представлены все онтогенетические группы. В работе использовались клювы кальмаров из западной и восточной акваторий Гренландии и из Баренцева моря. Значения  $\delta^{13}\text{C}$ , и  $\delta^{15}\text{N}$  не имеют зависимости от пола кальмара. Значения  $\delta^{13}\text{C}$  характеризуются достоверными различиями между исследуемыми районами, наблюдается их возрастание в западном направлении. В онтогенезе же наблюдается лишь слабое увеличение значений  $\delta^{13}\text{C}$ . Значения  $\delta^{15}\text{N}$  демонстрируют значительные онтогенетические различия (при полном отсутствии географических): отмечено возрастание на 10,0‰ от эпипелагических личинок до крупных батипелагических особей, т. е. на 2,6 трофических уровня. Отмеченные максимальные значения  $\delta^{15}\text{N}$  (14,9‰) являются самыми высокими из всех известных для головоногих моллюсков. Максимальный определенный трофический уровень (5,1) сравним в арктических экосистемах только с высшими звеньями трофической цепи: крупнейшими пелагическими рыбами, тюленями и зубатыми китами, а так же с донными трупоядными рыбами и беспозвоночными. Таким образом, кальмара *G. fabricii* можно назвать беспозвоночным высшим хищником в Арктике. Его трофическая ниша является самой широкой из известных для региона. Среди других головоногих моллюсков, более высокий трофический уровень демонстрируют только *G. antarcticus* Lönnerberg, 1898 и *Mesonychoteuthis hamiltoni* Robson, 1925 из Антарктики. Очевидно, в полярных экосистемах кальмары занимают более высокое положение в трофической цепи, чем в умеренных и тропических водах.

## ГЕЛЬМИНТЫ ПЕЛАГИЧЕСКИХ И ЭВРИБАТНЫХ РЫБ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

И.И. Гордеев<sup>\*1,2</sup>, С.Г. Соколов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>3</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва. \*E-mail: [gordeev\\_ilya@bk.ru](mailto:gordeev_ilya@bk.ru)

Исследование паразитов морских рыб является одной из наиболее динамично развивающихся областей современной паразитологии. Ежегодно описывается более 300 видов гельминтов, а современные методы лова и обработки материала позволяют получить все более точные и актуальные данные о географическом распространении, гостальной специфичности и патогенности многих групп паразитических червей и ракообразных. В период с 31 мая по 7 июля 2018 года в северо-западной части Тихого океана была проведена траловая эпипелагическая съемка (горизонт 0-50 м) на НИС «Профессор Кагановский». Особи двадцати двух видов лучеперых рыб и двух видов хрящевых рыб были подвергнуты паразитологическому вскрытию по стандартной методике. Как и ожидалось, среди обнаруженных паразитов преобладали цестоды. *Alepisaurus ferox* был массово заражен взрослыми *Pelichnibothrium speciosum*, горбуша *Oncorhynchus gorboscha* и кета *O. keta* – плероцеркоидами *Pelichnibothrium caudatum*, а также копеподами *Lepeophtheirus salmonis* *salmonis* (Krøyer, 1837). У кеты так же найден *Eubothrium crassum*. Плероцеркоиды *P. speciosum*, по-видимому, являются наиболее обычным кишечными паразитом пелагических рыб северо-западной части Тихого океана, поскольку были отмечены у большинства исследованных нами видов лучеперых рыб. Сайра *Cololabis saira* массово заражена скребнями *Rhadinorhynchus* spp. и паразитическими копеподами *Pennella* spp., а *Hyperoglyphe japonica* – цестодой *Glossobothrium nipponicum*. Наиболее интересные результаты были получены от хищников высшего порядка – акул *Lamna ditropis* и *Prionace glauca*. При полном отсутствии представителей других классов гельминтов, в желудках и спиральных клапанах обоих видов были в большом количестве найдены взрослые особи *Nybelinia surmenicola*, а в спиральном клапане – *P. speciosum*, *Dinobothrium* sp. и других видов цестод.

## ПАЗАРИТАРНЫЕ СИСТЕМЫ И ПОПУЛЯЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПАЗАРИТ-ХОЗЯИН

А.И. Гранович

Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: [granovitch@mail.ru](mailto:granovitch@mail.ru)

Впечатляющие успехи исследования систем паразит-хозяин основываются на описании глубоких генетических, метаболических, иммунных взаимодействиях особей паразита и хозяина. Однако проблемы воспроизводства, эволюции систем паразит-хозяин, не могут решаться на организменном уровне. Широкий контекст для их исследования предлагает концепция паразитарных систем и, соответственно, анализ взаимодействий популяций паразитов и хозяев. В нашей работе мы намечаем основные направления в анализе популяционных взаимодействий паразит-хозяин, отмечаем популяционные механизмы обратной связи, которые вносят вклад в длительную устойчивость природных паразитарных систем. В качестве примеров, иллюстрирующих значимость популяционных взаимодействий, будем использовать многолетние данные по паразитарным системам: литоральные моллюски – паразитирующие в них трематоды, в которых наблюдается однозначное воздействие паразитов на особь хозяина – паразитарная кастрация. Длительное наблюдение за природными паразитарными системами приводит к выводу о наличии воздействия паразитов на численность популяций хозяев. Однако это влияние динамично и совсем не так велико, как можно было бы предполагать исходя из значения экстенсивности инвазии. Вероятные причины этого а) специфика пространственной структуры популяции хозяина и ее модификации за счет изменения поведенческих реакций зараженных особей; б) компенсаторные механизмы, связанные с увеличением индивидуальной плодовитости незараженных особей хозяев; в) поддержание репродуктивного «ядра» популяции хозяев при разной зараженности популяции; г) характерное распределение паразитов по возрастным группам хозяев; д) явлением параксении и связанные с ней возможности экологической и генетической диверсификации популяции паразита. Множественность потенциальных механизмов популяционной регуляции подчеркивают важность анализа взаимоотношений паразит-хозяин на уровне паразитарных систем. При этом можно показать как катастрофические последствия, к которым приводит заражение трематодами особей моллюсков, трансформируются в устойчивую биоценотическую связь на уровне их популяций. Более того, паразиты становятся неотъемлемым и необходимым фактором среды обитания для устойчивого существования популяций моллюсков в условиях постоянно высокого заражения.

Работа частично поддержана грантом РФФИ № 18-54-20001, сбор материала выполнялся на Учебно-научной базе СПбГУ «Беломорская».

# О ТРЕХ УДИВИТЕЛЬНЫХ ВИДАХ, НЕ НАШЕДШИХ СВОЕГО МЕСТА В КЛАССИФИКАЦИИ ANTHOZOA (ОШИБКИ ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ)

С.Д. Гребельный

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: [sgrebelnyi@gmail.com](mailto:sgrebelnyi@gmail.com)

С тех пор как в классификации коралловых полипов, Anthozoa, утвердились методы сравнительной анатомии, сменившие господствовавшее ранее сравнение внешней формы полипа и колонии, несовершенное описание внутреннего строения уклоняющихся представителей этой группы несколько раз все же приводило к курьезным результатам. В 1886 году Коротнев изучил животное очень необычной внешности, собранное им в тропических водах между Борнео и Суматрой и названное *Polyparium ambulans*. Им опубликован рисунок колонии 7 см длиной, которая была «способна менять место и заползать на маленькие камешки». Верхняя ее поверхность была покрыта полипами, которые располагались поперечными рядами. У них не было глотки и щупалец, а «вся внутренность колонии была разделена поперечными перегородками на сегменты». По обоснованному заключению Карлгрена (Carlgren) *Polyparium* представлял собой отрубленный драгою край ротового диска актинии семейства Stichodactylidae, у которой многочисленные щупальца сидят рядами над межмезентериальными промежутками. В 1981 году Б.В. Преображенский описал другое неизвестное животное, *Bothwellia australense*, обнаруженное им тремя годами ранее у берегов Австралии. Оно «принадлежит к кишечнополостным, так как обладает одновременно признаками медузы, актинии и мягкого альционариевого коралла». Собрать и зафиксировать экземпляр не удалось в связи с заповедным режимом Большого Барьерного Рифа. Организм имел форму сплюснутого шара диаметром около 40 см. В верхней части имелось большое отверстие, составлявшее пятую часть диаметра тела и окруженное зазубренным воротничком. В отверстие была видна внутренняя поверхность нижней части животного, покрытая мелкими «полипоидами». По-видимому, этот же или близкий вид, был позднее подробно описан под именем *Amplexidiscus fenestrafer* (отряд Corallimorpharia). Наконец, третий удивительный вид первоначально был описан как *Boloceroides daphneae* Daly, 2006 с Восточно-Тихоокеанского поднятия, и принадлежность этой крупной актинии к семейству Boloceroididae не вызывала сомнения. В 2014 году, тот же автор, проводя с группой соавторов широкое сравнение актиний с помощью молекулярных маркеров, выделил для него новый род *Relicanthus* и семейство Relicanthidae, для которого не смогли указать ясного систематического положения. Его поместили вне отряда Actiniaria. Если положение *Polyparium* и *Bothwellia* оставалось неопределенным из-за неполного описания или неверного толкования морфологических признаков, то при работе с *Relicanthus* приоритет был безоговорочно отдан молекулярным признакам, что привело к разрушению классификации. Видимо, неизвестные пока механизмы рекомбинации могут сильно влиять на сходство и различие рибосомных маркеров, поэтому выделение крупных таксономических групп на их основании не оправдано.

ВОЗДЕЙСТВИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РОСТ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГИДРОИДА *DYNAMENA PUMILA* (L., 1758)

В.С. Дементьев\*, Н.Н. Марфенин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [demvitaly@mail.ru](mailto:demvitaly@mail.ru)

Работа посвящена исследованию зависимости роста и функционирования распределительной системы колониальных организмов от абиотических факторов. Методом цейтраферной микровидеосъемки проведена регистрация в морской воде поперечных и ростовых пульсаций ценосарка столона и побега у колониального гидроида *Dynamena pumila*, являющегося характерным обитателем нижней литорали Белого моря, при температуре 10, 15, 20, 25, 28°C, солёности 26, 20, 15, 10‰, осушении на срок до 1 ч, пребывании в проточной и непроточной кюветах. В результате удалось установить, что метод микровидеосъемки пульсаций ценосарка колонии с последующим их количественным анализом позволяет в течение 2 ч адекватно отразить реакцию колоний на воздействие факторов среды, что классическими методами удастся сделать лишь спустя несколько суток. Реакция ростовых, латеральных пульсаций и гидроплазматических течений на изменение абиотических факторов нелинейная. Реакция столонов выражена более отчетливо по сравнению с побегами. Оптимальный диапазон, при котором наблюдаются высокая скорость роста, интенсивные перемещения гидроплазмы и наибольший объём перенесённой гидроплазмы, составляет 10-20°C и 20-26‰. При 28°C и 10‰ пульсации ценосарка столона становятся неустойчивыми, прирост прекращается или существенно замедляется, перемещения гидроплазмы становятся менее активными. Осушение вплоть до 20 мин не нарушает работу распределительной системы, однако увеличение времени осушения приводит к затуханию пульсаций, нарушению целостности структуры колонии и фрагментации ценосарка. Колонии в стоячей воде чувствуют себя лучше, чем в проточной. В проточном режиме по сравнению с непроточным период ростовых пульсаций увеличивается на 20%, период гидроплазматических течений в столоне возрастает на 42%, а максимальная скорость течений уменьшается на 20%. Колонии в целом устойчивы к воздействию факторов внешней среды и не демонстрируют существенных признаков угнетения в изученном диапазоне температуры, солёности, а также осушения и отсутствия водообмена. Абиотические воздействия не приводят к нарушениям работы распределительной системы и роста верхушек *D. pumila*, а значит – могут применяться при проведении лабораторных исследований колоний. Реакция колоний на факторы среды позволила установить пределы толерантности для данного вида.

## МОРФОЛОГИЯ И МИКРОАНАТОМИЯ СТИЛЕТНЫХ ЦЕРКАРИЙ (TREMATODA: XIPHIIDIOCERCARIAE, LUHE, 1909)

С.А. Денисова\*, С.В. Щенков

Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

\*E-mail: [dersteppenwolf1608@gmail.com](mailto:dersteppenwolf1608@gmail.com)

Несмотря на множество существующих описаний ксифидиоцеркарий на светооптическом уровне, до сих пор остаются открытыми вопросы об их видовой идентификации, морфологии многих систем органов и поведении. Объектами исследования стали ксифидиоцеркарии сем. Plagiorchiidae, Prostogonimidae, Pleurogenidae, Lecithodendriidae, Renicolidae. Личинки получены из моллюсков *Lymnea stagnalis*, *Bythinia tentaculata*, *Viviparus viviparus*, *Littorina littorea*, которые были собраны в р. Кристателька (Старый Петергоф), в Келколовских карьерах (Ленинградская обл.) и на МБС СПбГУ (Кандалакшский залив, Белое море). Прижизненные наблюдения, а также просмотр тотальных препаратов проводили с помощью микроскопа Leica DM-1000. Для реконструкции хетотаксии, церкарий фиксировали в 5%-м растворе  $\text{AgNO}_3$ . Для исследования на ультраструктурном уровне, личинок фиксировали в 2,5% растворе глутарового альдегида с постфиксацией в 2% тетраоксиде осмия. Для реконструкции нервной системы использовали фиксацию в 4% растворе параформальдегида (антитела к серотонину, FMRF-амиду). Получены данные по ультраструктуре тегумента и железистого аппарата исследованных видов. Обнаружены скопления мукоидного секрета в буккальной полости микрокотилидных, плагиорхидных и виргулидных личинок. Поверхность тегумента тела несет множество сенсорных рецепторов, морфология которых различна как у разных видов церкарий, так и в пределах тела одной особи, описаны неизвестные ранее типы рецепторов. Нервные стволы формируют «классический» ортогон только в переднем конце тела личинок. Найдены серотонин-положительные нейроны в хвосте некоторых личинок. Сравнительный анализ нервных систем и сенсорного аппарата позволяет сделать вывод о необходимости пересмотра устоявшейся номенклатуры хетотаксии. Некоторые консервативные ряды сенсилл не гомологичны в разных группах ксифидиоцеркарий. В эффективной механорецепции участвует окружающий сенсиллы тегумент.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-34-00632. Использовано оборудование ресурсного центра СПбГУ "Развитие молекулярных и клеточных технологий" по инициативному проекту № 1.52.214.2018.

УЛЬТРАСТРУКТУРА ГАСТРОДЕРМИСА  
(LECITHOEPIITHELIATA, PLATHELMINTHES)

## GEOCENTROPHORA

## WAGINI

И.М. Дробышева

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: [irina.droby@gmail.com](mailto:irina.droby@gmail.com)

Проблема становления тканей у Metazoa остается важной областью исследований. Сравнительное изучение системной организации гастродермиса в разных таксонах у Plathelminthes может пролить свет на закономерности тканевой эволюции в этом филуме. Цель работы состояла в исследовании клеточного состава кишки у турбеллярии *Geocentrophora wagini* Timoshkin, 1984 (Lecithoepitheliata, Plathelminthes) на ультраструктурном уровне. Кишечная выстилка *G. wagini* формируется клетками двух типов: столбчатыми фагоцитарными и булавовидными железистыми клетками Минота. Ядра этих клеток сходны: они содержат большое неоднородное ядрышко и крупные, разрозненные блоки гетерохроматина. В цитоплазме фагоцитарной клетки, кроме митохондрий и рибосом, наблюдаются редкие цистерны шероховатого эндоплазматического ретикулума (ШЭР) и диффузный аппарат Гольджи (АГ) из мелких диктиосом. У зрелых фагоцитарных клеток цитоплазма базальной части забита электронно-плотными гранулами разной величины (предположительно лизосомами), тогда как апикальная половина клеток изобилует фагосомами и фаголизосомами. В клетках Минота почти вся цитоплазма заполнена параллельно расположенными цистернами ШЭР и крупными сферическими гранулами секрета высокой электронной плотности; диктиосомы АГ встречаются группами. Между специализированными гастродермальными клетками обнаружены клетки с высоким ядерно-цитоплазматическим отношением и бедной органеллами цитоплазмой. Их ядра содержат большое гетерогенное ядрышко. Мелкие глыбки и пряди гетерохроматина равномерно распределены по всему пространству ядра, периферический конденсированный хроматин не развит. По всей совокупности ультраструктурных признаков эти клетки подходят под определение необластов. Гастродермальные необласты похожи на необласты 2-го типа в паренхиме *G. wagini*. По-видимому, гастродермис *G. wagini* представляет собой самообновляющуюся тканевую систему. Гастродермальные необласты обнаружены также у Macrostomida и Polycladida, но отсутствуют у Tricladida. В перспективе предстоит выяснить, является ли наличие в гастродермисе стволовых клеток (необластов) эволюционно-продвинутым признаком или это исходное состояние предковых Plathelminthes.

Исследование проведено с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Таксон» Зоологического института РАН ([http://www.ckp-rf.ru/ckp/3038/?sphrase\\_id=8879024](http://www.ckp-rf.ru/ckp/3038/?sphrase_id=8879024)) при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (бюджетная тема № АААА-А17-117030110029-3) и гранта РФФИ 16-04-00593.

# НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО АНАТОМИИ ГЛУБОКОВОДНЫХ КИШЕЧНОДЫШАЩИХ (HEMICHORDATA: ENTEROPNEUSTA, TORQUARATORIDAE)

О.В. Ежова<sup>\*1</sup>, А.И. Лукиных<sup>1</sup>, С.В. Галкин<sup>2</sup>, А.В. Гебрук<sup>2</sup>, В.В. Малахов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [olga.ejova@gmail.com](mailto:olga.ejova@gmail.com)

Семейство Torquaratoridae (Holland, Clague, Gordon, Gebruk, Pawson & Vecchione, 2005), объединяющее глубоководных Enteropneusta, было открыто совсем недавно. Морфология и микроскопическая анатомия его представителей изучены ещё очень слабо. В нашем распоряжении оказались экземпляры неопisanного пока вида Torquaratoridae gen. sp., найденные на глубине 2289 м в Командорской котловине, Берингово море, в рейсе 75 НИС “Академик М. А. Лаврентьев” в 2016 году и собранные с применением ТПА “Команч 18”. Анатомия животных исследовалась с помощью классических гистологических методов; отдельные фрагменты были изучены под SEM. У одного из изучаемых нами экземпляров глубоководных кишечнотышащих обнаружены многочисленные туловищные целомодукты. Целомодукты открываются в целом генитальных крыльев типичной воронкой, короткие протоки целомодуктов сообщаются с внешней средой порами, расположенными на внешней стороне генитальных крыльев. Общее число целомодуктов у одного экземпляра оценивается в несколько тысяч. Ранее целомодукты туловищного целома не были описаны ни у одного представителя типа Hemichordata. Мы предполагаем, что обнаруженные целомодукты Torquaratoridae gen. sp. функционируют как гонодукты для выведения мужских половых продуктов. У другого изучаемого экземпляра в туловищном целоме обнаружены яичники с содержащимися в них ооцитами. Яичники прилегают к стенке генитальных крыльев, обращённой к перибранхиальной полости. Такая картина, наоборот, наблюдается у всех других кишечнотышащих; гонодукты также открываются порами на внутренней стороне генитальных крыльев, т.е. в перибранхиальную полость. Помимо этого, мы обнаружили выход яйцеклеток в покровный эпителий. Под SEM на внутренней стороне генитальных крыльев третьего экземпляра найдены многочисленные округлые зародыши на стадии бластулы или гастролы, т.е. для изучаемого нами вида свойственно наружное вынашивание эмбрионов. Это второй пример наружного вынашивания у полухордовых (первый был обнаружен в 2012 году для *Coleodesmium karaensis*).

Работа поддержана грантами РФФИ №17-04-00482-а и РНФ №18-74-10025.

# ФИЛОГЕОГРАФИЯ ГОЛОЖАБЕРНЫХ МОЛЛЮСКОВ РОДА *DENDRONOTUS* (GASTROPODA: NUDIBRANCHIA)

И.А. Екимова<sup>\*1</sup>, А.Ю. Чичвархин<sup>2</sup>, А.Л. Михлина<sup>1</sup>, Т.И. Антохина<sup>3</sup>, Д.М. Щепетов<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

<sup>2</sup>Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия. <sup>3</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия. <sup>4</sup>Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, г. Москва, Россия. \*E-mail: [irenekimova@gmail.com](mailto:irenekimova@gmail.com)

Голожаберные моллюски — крайне разнообразная и успешная группа морских беспозвоночных животных. Они всесветно распространены и достигают наибольшего разнообразия в Индо-Вест-Пацифике. Поскольку голожаберные моллюски претерпели полную редукцию раковины, исследование их эволюции и процессов видообразования осложнено из-за их практически полного отсутствия в палеонтологической летописи. В данном исследовании мы сфокусировались на филогенетических отношениях видов рода *Dendronotus* (Nudibranchia: Dendronotida). Дендронотусы демонстрируют крайнюю вариабельность морфологических признаков, в том числе онтогенетическую. Кроме того, они наиболее разнообразны в бореальных и Арктических морях и редки в тропических водах, что является нетипичным паттерном распространения в пределах отряда Nudibranchia. Используемые методы включали в себя детальное исследование внешней и внутренней морфологии, онтогенетической изменчивости отдельных признаков, а также обширные методы молекулярно-филогенетического анализа, в том числе методы молекулярного разделения видов, реконструкции предкового ареала и оценки времен дивергенции с помощью калибровки молекулярных часов. Род *Dendronotus* является монофилетичным и происходит по-видимому из тропической зоны Тихого океана. На границе Оligоцена и Mioцена по мере установления температурного градиента между тропическими и северными районами предковые формы бореальных и арктических видов рода мигрировали в северную часть Тихого океана. Именно там в среднем и позднем миоцене произошла адаптивная радиация видов рода по объектам и типам питания. Дальнейшая дивергенция видов семейства связана с миграцией представителей отдельных филогенетических линий через Берингов пролив в Арктику и далее в Атлантику. При наступлении оледенений Берингов пролив закрывался, а атлантические и тихоокеанские популяции мигрировали южнее, что обусловило их географическую изоляцию и формирование в Северной Атлантике самостоятельных видов. Этот процесс происходил многократно и независимо в разных филогенетических линиях дендронотид. Данное исследование иллюстрирует комплексную эволюционную историю, в ходе которой множественные, независимые процессы в течение различных периодов времени обусловили проявление необычного биогеографического паттерна. Полученная модель является ключевой для понимания механизмов формирования биологического разнообразия вне тропических регионов Мирового океана и может быть протестирована на других группах морских беспозвоночных животных со сходным распространением.

Данное исследование поддержано Грантом Президента РФ № МК-4797.2018.4 и грантом РФФИ №16-34-00955 мол\_а.

# ДВИЖЕНИЕ ТРОХОФОРНЫХ ЛИЧИНОК АННЕЛИД В ТОЛЩЕ ВОДЫ: МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

В.В. Емельяненко\*, О.В. Иванова, М.А. Петрова, Н.Н. Римская-Корсакова, А.А. Прудковский

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [emelianenko.vera@gmail.com](mailto:emelianenko.vera@gmail.com)

Трохофорные личинки аннелид – стадии жизненного цикла кольчатых червей с непрямым развитием, которые несут апикальный султанчик и набор ресничных шнуров. Самыми обычными шнурами являются прототрох, телотрох и невротрох. Если всеми авторами признается, что прототрох необходим для движения и питания личинки, то функции остальных трохов, таких как невро- и телотрох, остаются неисследованными. В связи с этим мы поставили цель выяснить, какова разница в движении личинок с разным набором ресничных шнуров. Несмотря на то, что трохофорные личинки аннелид хорошо изучены, остается неисследованным, есть ли различия в движении ресничек разных шнуров. В качестве объекта исследования были выбраны трохофорные личинки *Phyllodoce maculata* (L., 1767), имеющие невротрох, прототрох и телотрох, и *Micronephthys minuta* (Théel, 1879), несущие только прототрох и телотрох. Движение ресничек изучали с помощью съёмки на скоростную камеру BR-1341LM-UF (ООО «НПК «ЕС-Экспертс», Россия), установленную на световой микроскоп S&E optics N-300M (Nikon Corporation; Япония). Для замедления движения ресничек использовали протонофор FCCP, для визуализации потоков воды – тушь и планктонные водоросли. Исследование траекторий движения личинок проводилось под биноклем. Для визуализации расположения трохов использовали хромоген DAB и иммуноцитохимическое окрашивание против  $\alpha$ -тубулина. Последний дал более полную картину, так как методика была лучше отработана на данном объекте. Расположение актиновых волокон и ядер выявляли в результате окрашивания фаллоидином и DAPI, соответственно. В результате были получены видеозаписи движения ресничных образований трохофорных личинок обоих видов, визуализировано расположение трохов у личинок разных возрастов, проанализированы траектории движения личинок. С возрастом у личинок изменялся набор трохов и изменялось соотношение длины ресничек и увеличивающегося тела личинки. Мы показали, что реснички во всех трохах бьют по одной схеме. В движении участвует преимущественно прототрох, потоки, им создаваемые, схожи у личинок обоих видов. Невротрох оказывает гораздо меньшее влияние на траекторию движения и, предположительно, почти не принимает участие в перемещении в пространстве. Поскольку обе личинки несут телотрох, мы не можем сделать выводов относительно его функции. Траектории личинок разных видов отличаются в зависимости от соотношения длины ресничек в трохах, формы тела и, частично, работы мышц. В ходе исследований у *P. maculata*, в отличие от *M. minuta*, обнаружен положительный фототаксис.

## БИОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АТЛАНТИКИ И СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

И.А. Жирков

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

E-mail: [ampharete@yandex.ru](mailto:ampharete@yandex.ru)

Существующие схемы биогеографического районирования Северо-восточной Атлантики и Северного Ледовитого океана сравнивают видовой состав районов, выделенных по небиотическим критериям (глубина, температура, границы морей и т. п.). Такой подход основан на необоснованном предположении отсутствия биогеографических границ внутри сравниваемых районов. Это делает невозможным заметить биогеографические районы, меньшие анализируемых, и приводит к появлению широких переходных зон вместо резких границ. Исследованы материалы Pectinariidae, Ampharetidae и Terebellidae (более 100 видов) коллекций кафедры гидробиологии МГУ, Зоомузея МГУ, ЗИН РАН, ИО РАН, Museo Nacional de Ciencias Naturales (Мадрид), АРЕМ (UK). Предлагаемая схема основана исключительно на анализе видовых ареалов. Ревизия наиболее широко распространенных видов показала, что это комплексы видов с гораздо более узкими ареалами. Полученные данные позволили: (1) существенно уточнить видовые ареалы и отказаться от расплывчатых характеристик (арктический, бореальный и т.п.) и (2) выделить конкретные, а не сводные биоты. Ареалы всех видов охватывают смежные ценоотические системы в разной комбинации, а амфибореальные — гомологичные. Наиболее существенная биогеографическая граница в этом регионе проходит между шельфовыми и глубоководными районами. При этом глубоководная биота в районах, прилегающих к материковому склону может населять меньшие глубины, нежели шельфовая. Это означает, что (1) глубина не является фактором, определяющим положение границы между шельфовыми и глубоководными районами, (2) анализ распределения биоты по глубине невозможен без учета конкретного географического положения сравниваемых районов, (3) проецирование трехмерной структуры на одну ось (глубины) создаёт артефакты, например, показывая плавное изменение фауны или районы со смешанной фауной там, где в действительности изменение резкое. На шельфе наиболее существенная граница проходит не между арктическими и бореальными районами, а между верхней и нижней сублиторалью. Граница между арктическими и бореальными районами, по-видимому, граница не между холодноводной и тепловодной фаунами, а между ценоотическими системами, пережившими оледенение и сформировавшимися в голоцене.

Работа выполнена в рамках госпрограммы АААА-А16-116021660062-9 и гранта РНФ 14-50-00029.

## ДРЕВНЕЙШИЕ КНИДАРИИ: ГРОМКИЕ ОТКРЫТИЯ – ТИХИЕ «ЗАКРЫТИЯ»

А.Ю. Журавлев\*<sup>1</sup>, Х.А. Гамес Винтанед<sup>2</sup>, Ю.А. Краус<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Universiti Teknologi PETRONAS, Tronoh (Perak), Malaysia. \*E-mail: [ayzhur@mail.ru](mailto:ayzhur@mail.ru)

На сегодняшний день из эдиакарских и кембрийских отложений описано примерно полторы сотни ископаемых, которые отнесены к различным группам книдарий. Во многих случаях за таковых принимались бактериальные колонии, водоросли, прикрепительные диски организмов неясной систематической принадлежности, лофофораты, ротовые аппараты ранних экдисозой, колонии гемихордовых и др. Даже разнообразные формы с биоминеральным скелетом, медузоподобные отпечатки и фосфатизированные текоподобные оболочки, которые сохранили некоторые признаки книдарий, трудно соотнести не только с современными, но и с ордовикскими представителями этого типа. В большинстве же древнейшие книдарии известны по «сенсационным» открытиям медуз с пятилучевой симметрией, жёсткой кутикулой и прямым развитием. Если разнообразие представителей различных билатерий (как несомненных Lophotrochozoa, так и Ecdysozoa) начало стремительно расти с конца эдиакарского периода (около 545 млн лет назад) и к середине раннекембрийской эпохи (515 млн лет назад) достигло первого пика разнообразия (свыше тысячи известных видов), то находки древнейших на сегодня кораллоподобных организмов с известковым скелетом, приурочены как раз из отложений возрастом около 515 млн лет. Эти модульные формы имеют микроструктуру и мезоструктуру скелета, позволяющую сравнивать их с более поздними кораллами. Первые достоверные отпечатки медуз начинают встречаться в среднекембрийских отложениях (не древнее 505 млн лет), а остатки колониальных гидроидных – лишь в ордовикских (около 475 миллионов лет назад).

## ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ГИДРОПОЛИПОВ (HYDROZOA) БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Н.Е. Журавлева

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: [nezhuravliova@gmail.com](mailto:nezhuravliova@gmail.com)

Группа Hydrozoa весьма разнообразна и многочисленна, что приводит к необходимости изучения изменчивости внутри видов для исключения ошибок при определении или описании новых видов. В работе использован материал коллекции ЗИН РАН и материал экспедиций ПИНРО и IMR с 2003-2017 гг. с использованием различных орудий лова. Систематическая часть скорректирована согласно системе WORmS. Рассматривать внутривидовую изменчивость интересно при наличии большого материала. В работе речь пойдет лишь о нескольких, широко распространенных в Баренцевом море, видах, изменчивость которых столь велика, что часто вводит в заблуждение исследователей, редко имеющих дело с представителями гидрополипов. У *Campanularia volubilis* (L., 1758) (низко бореально-арктический) и *Campanularia groenlandica* Levinsen, 1893 (бореально-арктический) изменчивость касается длинны ножки гидротеки, формы и края устья гидротеки и выраженности исчерченности гидротеки. *Lafoea dumosa* (Fleming, 1820) (космополит) – вид вообще очень интересный, полемика по поводу которого давно ведется. Если принять, что *Lafoea fruticosa* (Sars, 1851), со всеми ее вариациями, входит в состав вышеупомянутого вида, то ряд морфологической изменчивости с переходными формами и без них разнообразен. У *Stegopoma plicatile* (M. Sars, 1863) (бореально-арктический) изменчивость не сильно велика в пределах Баренцева моря, но она не менее интересна. Его стелющиеся столоны путают с близким видом *Modeeria rotunda* (Q. et G., 1827), имеющим стелющиеся колонии и обладающим в Баренцевом море более мелкими размерами, чем в других районах. *Sertularella gigantea* Mereschowsky, 1878 (бореально-арктический) имеет различия как по форме гидротек, так и гонотек. В более холодных водах они обладают увеличивающейся морщинистостью. *Symplectoscyphus tricuspidatus* (Alder, 1856) (биполярный) претерпевает изменения во всей колонии, а на севере Новой Земли и в районе архипелага Шпицберген выделяют отдельную форму *Symplectoscyphus tricuspidatus acuminatus*. У *Sertularia plumosa* (Clark, 1876) (бореально-арктический) и *Abietinaria pulchra* (Nutting, 1904) (бореально-арктический) наибольшие изменения наблюдаются у гонотек. Все вышеперечисленные виды имеют довольно широкое распространение в Баренцевом море, но столь высокая разновидность их форм скорее всего связана с изменениями температуры воды. Наиболее сходные или смешанные формы встречаются в областях, где в разные годы идет ослабление или увеличение влияния теплых атлантических вод. Возможно, изменение температуры воды, у некоторых видов приводит к изменениям в формировании наружного скелета

## УЛЬТРАСТРУКТУРА ЭПИДЕРМАЛЬНЫХ СЕНСИЛЛ ТРЕХ ВИДОВ БЕСКИШЕЧНЫХ ТУРБЕЛЛЯРИЙ (ASCOELA)

Я.И. Заботин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: [Yaroslav.Zabotin@rambler.ru](mailto:Yaroslav.Zabotin@rambler.ru)

Изучение организации бескишечных турбеллярий (Acoela) представляет большой интерес для морфологов-эволюционистов и нейробиологов, поскольку именно в пределах этой группы можно наблюдать различные этапы формирования нервной системы и органов чувств, характерных для высших Bilateria. Тем не менее, на сегодняшний день ультраструктура сенсорных образований описана лишь для небольшого числа видов Acoela. В связи с этим целью данной работы стало изучение ультратонкого строения кожных сенсилл трех видов этого таксона, ранее не исследованных с помощью трансмиссионного электронного микроскопа (ТЭМ). Представители бескишечных турбеллярий *Otocelis rubropunctata* (Schmidt, 1852) (Otocelididae), *Symsagittifera japonica* (Kato, 1951) (Sagittiferidae) и *Amphiscolops* sp. (описан Minegishi, 1965 без видового названия, Convolutidae) были собраны на литорали о-ва Мукаисима (префектура Хиросима, Япония). Все черви были обнаружены в песчаном грунте и смывах с водорослей и зафиксированы целиком в 1% глутаровом альдегиде на 0,1 М фосфатном буфере. Материал обрабатывался для ТЭМ по стандартной схеме. У исследованных видов в покровах было обнаружено шесть типов ресничных рецепторов. В эпидермисе *O. rubropunctata* встречается четыре типа сенсилл – два типа одноресничных с тонким корешком – с микровиллиями, отходящими непосредственно от реснички (отмеченные впервые), и без них, а также одноресничные сенсиллы с толстым корешком и многоресничные рецепторы со спирально скрученными ресничками. У *S. japonica* были обнаружены одноресничные сенсиллы без корешка, который заменяет крупное электронно-плотное подбазальное тело, и с микровиллиями. Наконец, у *Amphiscolops* sp. отмечены одноресничные сенсиллы с толстым корешком, многоресничные рецепторы с подбазальным телом и прямыми или спирально скрученными ресничками. Рецепторы двух последних типов отличаются от многоресничных сенсилл других видов Acoela отсутствием корешков и связи с секреторными клетками. Таким образом, относительная простота общей организации нервной системы Acoela сочетается с богатым многообразием кожных сенсорных образований, из которых три типа сенсилл описываются для этой группы впервые.

## ОРГАНИЗАЦИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ НЕМЕРТИН

О.В. Зайцева\*, С.А. Петров, А.А. Петров

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. \*E-mail: [ovzaitseva@inbox.ru](mailto:ovzaitseva@inbox.ru)

Немертины являются своеобразной группой беспозвоночных животных с не выясненными еще до конца филогенетическими связями. Изучение нервной системы подобных групп животных принципиально важно для разработки системы животного царства и для понимания закономерностей эволюции нервной и сенсорных систем в целом. К сожалению, до сих пор такие исследования остаются единичными. Целью настоящей работы стало обобщение впервые полученных нами данных по морфологическим особенностям и распределению нитроксид-, серотонин-, катехоламин-, нейротензин-, FMRFамид- и холинергических регуляторных клеток в нервной системе и сенсорных образованиях, а также по нейромышечным взаимоотношениям у немертин, относящихся к разным систематическим группам. Использованы методы общей гистологии, нейрогистологический метод импрегнации азотнокислым серебром по Гольджи-Коланье в нашей модификации, а также иммуногистохимические методы выявления нейропептидов, 5-НТ, ацетилхолинтрансферазы и гистохимический метод выявления NADPH-диафоразы, являющейся топографическим маркером нитроксидаергических клеток. Катехоламины обнаруживали с помощью флуоресцентно-гистохимических методов FaGlu и GIF (с помощью глиоксиловой кислоты). Результаты исследования позволили описать закономерности организации центральной и периферической нервной системы у немертин. Выявлена структура латеральных нервных стволов, показаны особенности иннервации хобота, пищеварительного тракта и стенки тела. Выявлены и описаны многочисленные интра- и субэпителиальные первичночувствующие рецепторные клетки в кожных покровах, рецепторные клетки латеральных головных щелей, фронтальных и церебральных органов. Показано присутствие огромного количества интраэпителиальных сенсорных клеток разной эргидности в стенке всего пищеварительного тракта. Обнаружены сенсорные клетки в эпителии хобота. Выявлены особенности иннервации мускулатуры различных частей тела и ретракторов. Показано присутствие в латеральных стволах и в головных ганглиях вооруженных немертин не только отдельных мышечных элементов (так называемых нейромиофибрилл), а целой хорошо развитой системы мышечных волокон. Представлена гипотеза, объясняющая функции мышечной систем ЦНС немертин. Особый интерес представляют данные по распределению КА, которые свидетельствуют в пользу их важной роли в осуществлении защитно-оборонительного поведения и работы пищеварительной системы у немертин.

Работа выполнена по теме государственного задания АААА-А17-117030110029-3 и поддержана грантом РФФИ №.18-04-01213а.

## ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМАТИКИ

Р.М. Зелеев

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: [zeleewy@rambler.ru](mailto:zeleewy@rambler.ru)

Доминирующая сегодня иерархическая систематика, сложившись исторически как перенос традиции фамильных родословных на объекты «Естественной истории», оказалась типологически созвучной логике дарвинизма и поэтому была канонизирована в качестве единственного способа классификации биоразнообразия. Принято считать, что форма древа имманентна как мышлению, так и организации реальности. Возможно, это допущение является одним из источников трудностей, существующих в современной систематике, и может быть основанием для поиска альтернативных вариантов классификации. Параметрическая систематика, в отличие от традиционной иерархии, обладает прогностическими возможностями, что делает её разработку и использование в изучении биоразнообразия - актуальным. Многомерность этой систематики даёт возможность одновременного использования множества признаков (порождающих в иерархической систематике альтернативные деревья), что, благодаря трёхмерной визуализации, существенно повышает её диагностические возможности, в частности, оценку положения в системах вмещающих групп, традиционно «трудных» таксонов. Некоторые из них (в основном, уровни классов и отрядов членистоногих) нами рассмотрены до ранга семейств и родов. Главное достоинство предлагаемого подхода – возможность конструктивной постановки вопроса о природе биологического таксона и его ранга (напомним о современной тенденции к созданию безранговых систем, что следует считать проявлением деградации и снижения познавательных возможностей). Мы принимаем биологический таксон в качестве особого варианта биосистем, природа и взаимные переходы которых удовлетворительно описываются в рамках идеи трёх функциональных модулей – исторически складывающихся комплексов структур, выполняющих, соответственно, метаболические, репродуктивные и локомоторные функции. Особенность биологического таксона как биосистемы в том, что системообразующие факторы метаболической (ценотической) природы, касаются не актуальной, а прошедшей ситуации, эпохи становления данного таксона как биосистемы с присущим ему синдромом признаков, отражающим специфику среды, к которой адаптировался данный таксон. Поэтому анализ специфики синдрома признаков является инструментом реконструкции особенностей условий эпохи, в которой данный таксон возник. Биологический таксон, сохраняя типологическое сходство с другими вариантами биосистем (организм, популяция, экосистема, биосфера), обладает и сходной судьбой, проходя определённые стадии своего развития, становления как системы и последующего «старения» и распада, что проявляется в специфике его таксономической структуры, как отражения его возрастных и палеоэкологических особенностей.

# ЭВОЛЮЦИЯ ВЕСЛОНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ — СИМБИОНТОВ МОРСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ И ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

В.Н. Иваненко\*<sup>1</sup>, М.А. Никитин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Научно-исследовательский институт физико-химической биологии им. А.Н.Белозерского МГУ им М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. \*E-mail: [ivanenko.slava@gmail.com](mailto:ivanenko.slava@gmail.com)

Доклад посвящен результатам исследования особенности эволюции симбиотических отношений в трех отрядах веслоногих ракообразных (Copepoda): Harpacticoida, Poecilostomatoida и Siphonostomatoida. Особое внимание в докладе будет уделено обсуждению (1) оригинальных результатов исследования морфологических приспособлений копепод к разным формам симбиоза, (2) критическому анализу современных представлений о молекулярной филогении и системе Copepoda, а также (3,4) возможных путей и механизмов эволюционного освоения копеподами разных групп беспозвоночных и позвоночных хозяев.

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СОСТАВЕ ИНФРАОТРЯДА ATHENARIA (ACTINIARIA, ANTHOZOA)

Н.Ю. Иванова

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: [edwardsia@yandex.ru](mailto:edwardsia@yandex.ru)

Актинии, бесскелетные коралловые полипы отряда Actiniaria, обычно имеют довольно крупные размеры, селятся на камнях и прикрепляются к ним широкой плоской подошвой. В ходе онтогенеза они развивают многочисленные циклы щупалец и мезентериев. Однако, переходя к жизни на мягких грунтах, многие актинии приобретают удлинённую, червеобразную форму тела. По этому признаку закапывающиеся актинии первоначально были выделены Мильн-Эдвардсом и Эмом в самостоятельный таксон „*Actinines pivotantes*”. Позднее, по мере развития анатомической классификации братьями Гертвигами, Бурном и Карлгреном, эта группа получила название Abasilaria или Athenaria, так как ее представители не имеют базилярных мускулов, покрывающих подошву, которые есть у остальных, более крупных, продвинутых полипов, объединяемых в инфраотряд Thenaria. Приспособление к жизни на илу и в песке привело к сокращению числа щупалец и мезентериев у закапывающихся актиний. Небольшое число мезентериев и их расположение, подобное наблюдаемому у личинок актиний, побудило старых исследователей считать атенарий наиболее примитивными, близкими к Alcyonaria. Однако эти черты скорее можно считать результатом укорочения морфогенеза. Оно, вероятно, происходило в разных семействах «высших актиний», Thenaria, неоднократно и независимо. Свидетельством того служит ряд особенностей строения, сохранившихся у некоторых атенарий, но несомненно сложившихся в ходе дивергенции более сложно устроенных и морфологически разнообразных тенарий. К этим особенностям следует отнести энтодермальный сфинктер, который есть только у единственного представителя сем. Andresiidae. У атенарий остальных семейств сфинктера нет или он мезоглеальный, характерный для очень многих Thenaria. Причем у актиний двух атенарных семейств, обладающих мезоглеальным сфинктером, имеются аконтии, которые свойственны очень многим семействам тенарий. Итак, анализ анатомических признаков актиний разных семейств позволяет заключить, что некоторые черты их организации, сложившиеся в ходе эволюции отряда Actiniaria, в разной степени сохранились у представителей разных семейств Athenaria. Удлинение тела, олигомеризация мезентериев и концентрация мускулов зашли у Edwardsiidae и Limnactiniidae гораздо дальше, чем у других атенарий. Вероятно, это связано с их большей древностью и более глубокой приспособленностью к жизни на мягком субстрате. По-видимому, инфраотряд Athenaria составляет сборную, полифилетическую группу, представители которой при переходе к жизни на мягком субстрате приобрели свои специфические признаки, но в разных семействах сохранили черты сходства с разными ветвями Thenaria.

## МОРФОЛОГИЯ ПОКРОВОВ ПРОАРТИКУЛЯТ (МЕТАЗОА ПОЗДНЕГО ДОКЕМБРИЯ)

А.Ю. Иванцов\*<sup>1</sup>, М.А. Закревская<sup>1</sup>, А.Л. Наговицын<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Архангельское региональное отделение Русского географического общества, г. Архангельск, Россия. \*E-mail: [ivancov@paleo.ru](mailto:ivancov@paleo.ru)

Проартикуляты, самые крупные подвижные животные позднего докембрия, обитали на мелководье нормально-соленых морских водоемов Европы и Австралии в конце эдиакарского периода (около 550-560 млн. лет назад). Они составляли существенную часть сообщества бентосных макроорганизмов, населявших поля микробных матов. Объектом питания проартикулят был верхний слой мата, который они поглощали брюшной стороной тела. Вся информация об этих организмах была получена в результате изучения их ископаемых остатков, сохранившихся на плоскостях напластования горных пород в виде низкорельефных отпечатков тел и слепков следов питания. Иногда на отпечатках присутствует глубоко преобразованное собственное органическое вещество этих древних существ. Отпечатки образованы билатеральными объектами, расчлененными в поперечном направлении на два ряда «полусегментов» (изомеров). Считается, что изомерным было все тело проартикуляты, или особый орган, располагавшийся на спинной стороне животного, или только плотный щиток, покрывавший его сверху. Результаты исследований последних лет позволяют скорректировать эти представления. Новые наблюдения показывают, что объекты, сформировавшие большинство известных отпечатков, представляли не все тело проартикуляты, а только его часть, относительно устойчивую к процессам разложения. Это разделенное на поперечные элементы образование распространялось как на спинную, так и на брюшную сторону тела. Оно было плотным и, вероятно, несло функцию внутренней опоры. Поверх него располагалась покровная ткань, которая на спинной стороне тела создавала сплошной нерасчлененный щит, не показывавший никаких признаков сегментации. Внешняя поверхность спинной стороны проартикулят нескольких родов (*Dickinsonia*, *Yorgia*, *Archaeaspinus*, *Lossinia*, *Onega*) была покрыта многочисленными равномерно рассеянными бугорками. У *Onega* покровная ткань на заднем конце тела формировала пару длинных нитевидных выростов. Судя по следам, каждый из которых представляет собой слепок ямки, созданной проартикулятой во время акта поглощения микробного мата, вентральная сторона организма снаружи была расчленена аналогично опорному образованию. Покровы на вентральной стороне, вероятно, несли реснички, бороздки от движения которых сохраняются на следах. Полученные новые данные подтверждают мнение о сравнительно высоком уровне организации проартикулят.

Исследования проводятся при поддержке РФФИ, грант № 17-05-02212-а.

# ГИСТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОБАВОЧНЫХ НИДАМЕНТАЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗ ТРЕХ ВИДОВ СЕПИОЛИД РОДА *ROSSIA* (CERPHALOPODA, SEPIOLIDA)

А.И. Ильясова\*, А.В. Голиков, А.Г. Порфирьев, Р.М. Сабиров

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

\*E-mail: [ailyasova95@gmail.com](mailto:ailyasova95@gmail.com)

Головоногие моллюски (Cephalopoda) играют важную роль в морских экосистемах, однако многие аспекты их биологии изучены крайне слабо. Особенно это касается арктических видов. В добавочных нидаментальных железах (ДНЖ) репродуктивной системы самок головоногих отрядов Sepiida, Sepiolida и Myopsida обитают симбиотические бактерии, значение которых загадочно. В Арктике из этих отрядов встречаются только сепиолиды. Исследованы самки всех трех видов рода *Rossia* из Баренцева моря: *R. megaptera* Verrill, 1881, *R. moelleri* Steenstrup, 1856, *R. palpebrosa* Owen, 1834. Все образцы находились на III – V<sub>2</sub> стадиях зрелости. ДНЖ исследованных сепиолид внешне морфологически идентичны, имеют ушковидную форму с желобом на вентральной поверхности, куда впадают протоки основных нидаментальных желез. Достоверные различия относительных размеров и массы ДНЖ выявлены для всех видов. Самые крупные железы у *R. moelleri*, самые мелкие – у *R. palpebrosa*. Длина ДНЖ у всех видов всегда превышает их ширину. Покров ДНЖ образован многорядным мерцательным эпителием, который наиболее выражен в области желоба. Строма состоит из соединительной ткани, содержит множество кровеносных сосудов. Каждая железа образована множеством эпителиальных трубочек двух типов: из вакуолизированных клеток с крупными ядрами и из плотных, почти непросвечивающих клеток. Внутри трубочек видны различные по плотности массы бактерий-симбионтов. Для трубочек из вакуолизированных клеток характерны более рыхлые скопления палочковидных бактерий (морфотип бациллы), для трубочек из плотных более клеток – более плотные скопления шаровидных бактерий (морфотип кокки). Результаты исследования показывают, что размеры ДНЖ возрастают с увеличением плодовитости животного и большей потребностью в защитном секрете. У *R. moelleri*, имеющей наибольшую плодовитость среди этих трех видов, ДНЖ являются самыми крупными. Различия между длиной и шириной ДНЖ внутри каждого вида говорят о приобретении ими вытянутой формы в ходе онтогенеза. Внешняя морфология и гистологическое строение ДНЖ позволяют предположить, что выделение бактериального секрета происходит в области желоба, откуда затем он всасывается основными нидаментальными железами. Количество бактерий, являясь, очевидно, функцией размера ДНЖ и количества трубочек в них, возрастает у видов с большей плодовитостью.

## МЕХАНОРЕЦЕПТОРНЫЕ СТРУКТУРЫ В ОСФРАДИЯХ GASTROPODA

Н.Н. Камардин

Санкт-Петербургский научно-исследовательский Центр Экологической Безопасности РАН,  
г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: [nik-kamardin@yandex.ru](mailto:nik-kamardin@yandex.ru)

Осфрадий, по общему мнению, является хемосенсорным органом, расположенным в мантийной полости и вблизи жабр моллюсков. Ранее считалось, что осфрадий выполняет механосенсорную функцию анализа твердых частиц в вводном токе морской воды в мантийную полость. После прямых физиологических опытов с частицами корунда, оседавшими на поверхность осфрадия от этой гипотезы отказались. У примитивных пресноводных рода *Viviparidae* поверхность осфрадия лишена кутикулоподобного слоя микроворсинок и свободные цилии периферических отростков рецепторных клеток могут возбуждаться, как движением воды, так и химическими веществами. У *Caenogastropoda* механосенсорные клетки включены в состав осморецепторных клеточных комплексов в зоне щели осфрадия на границе сенсорной и ресничной зон. Их короткие, одиночные цилии расположены в узком 1-2 мкм пространстве под видоизмененными микроворсинками опорных клеток. Изменение объема последних может механически воздействовать на цилии механорецепторных клеток. Кроме изменения своей длины, цилии потеряли от 1 до 3 периферических парных микротрубочек, то есть вместо  $(9 \times 2 + 2)$  наблюдается  $(7 \times 2 + 2)$ . У хищных моллюсков рода *Conus* обнаружены механосенсорные клетки другого вида. Они, в небольшом числе, располагаются на боковых поверхностях каждого лепестка осфрадия ктенидиального типа. Цилии выступают из кутикулоподобного слоя микроворсинок опорных клеток на 6-8 мкм и ориентированы в одном направлении. Их мембрана видоизменяется, образуя выпячивания, с помощью которых отдельные цилии соединяются в единую объемную структуру, состоящую из 8-12 отдельных цилий. Этому так же способствует обнаруженный на электроннограммах гликокаликс. Такие пучки цилий, принадлежащие рецепторным клеткам, были описаны нами у представителей сем. *Nassariidae*. На СЕМ микрофотографиях хорошо видно, что они имеют одинаковую ориентацию к области щели, повторяя направление движения воды вдоль зоны щели осфрадиального лепестка. Как показали ТЭМ - исследования, цилии принадлежат одной рецепторной клетке, которая в апикальном отделе отличается более электронно-прозрачной цитоплазмой, вытянутыми митохондриями и ориентированными продольно микротрубочками. Базальные тельца цилии, не имеют корешков. В остальном ультраструктура опорных и рецепторных клеток (РК) повторяется в осфрадиях *Littorina*, *Natica* и *Murex*. Сравнивая ультраструктурную организацию апикального отдела цилии этих рецепторов и рецепторных клеток статиста моллюсков, можно заключить, что в осфрадиях, они также выполняют механорецепторную функцию.

МАЛАКОЛОГИЯ В ПЕРИОД СМЕНЫ ПАРАДИГМ: ЧЕТВЕРТЬ ВЕКА ИССЛЕДОВАНИЙ  
ХИЩНЫХ МОРСКИХ БРЮХОНОГИХ CONOIDEA

Ю.И. Кантор

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва,  
Россия.E-mail: [kantor.yuri1056@gmail.com](mailto:kantor.yuri1056@gmail.com)

Хищные Neogastropoda надсемейства Conoidea – одна из наиболее разнообразных групп морских моллюсков, включающая в настоящее время более 5000 современных видов, но по оценкам объединяющая около 20000 видов. Conoidea характеризуются сложной таксономической структурой, группа включает 16 семейств, в том числе, широко известных из-за своей потенциальной опасности для человека конусов. Благодаря уникальной морфологии пищеварительной системы и способности синтезировать яд, используемый при питании и для защиты, представители коноидей оказались в центре внимания биологов различных специальностей – от экологов до медиков. К середине 90-х годов прошлого века был подведен итог морфологических исследований группы, а в первой декаде текущего века началась «молекулярная революция», давшая новый толчок филогенетическим исследованиям. Мною суммируются последние результаты филогенетических, таксономических и молекулярных исследований группы. На уровне крупного таксона благодаря молекулярно-генетическим методам оказалось возможным проанализировать надежность филогенетических построений и стабильность таксономии, построенной по морфологическим признакам. Хотя монофилия значительного количества таксонов ранга семейства была подтверждена молекулярными исследованиями, было обнаружено несколько новых филогенетических линий, тогда как некоторые таксоны, которые считались самостоятельными семействами, оказались включенными в другие семейства. Это потребовало существенной переработки системы группы. Новая филогения позволила критически переосмыслить значимость морфологических признаков, которые по-прежнему сохраняют свое существенное значение.

## ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАСТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ МШАНОК И ИХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СИМБИОНТОВ

Н.П. Карагодина<sup>\*1</sup>, А.Э. Вишняков<sup>1</sup>, О.Н. Котенко<sup>1</sup>, А.Л. Мальцева<sup>1</sup>, А.Н. Островский<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия, <sup>2</sup>Венский университет, г. Вена, Австрия. \*E-mail: [kara.karagodina@yandex.ru](mailto:kara.karagodina@yandex.ru)

Симбиотические ассоциации морских беспозвоночных с бактериями активно изучаются на протяжении долгого времени. В середине прошлого века на световом уровне были описаны бактериальные симбионты для нескольких видов мшанок. Однако тонкое строение симбиотических бактерий и детали их взаимодействия с тканями хозяина были освещены недостаточно. При помощи трансмиссионной электронной микроскопии нами была исследована ультраструктура тканей хейлостомной мшанки *Aquiloniella scabra* и ее бактериальных симбионтов. В питающихся зооидах были обнаружены так называемые фуникулярные тела – расширенные участки фуникулярных тяжей, связывающих кишечник с гонадами и интерзооидальными коммуникационными порами и обеспечивающих транспортную функцию. Фуникулярные тела имеют сложное строение и содержат симбиотические бактерии, окруженные крупной клеткой-бактериоцитом. Эта клетка имеет активное ядро, хорошо развитый синтетический аппарат и многочисленные отростки, заходящие в пространства между бактериями. Снаружи она окружена уплощенными клетками, продолжающимися в фуникулярные тяжи. Размер фуникулярных тел коррелирует с количеством симбионтов внутри них. Предположительно, крупные тела с большим количеством бактерий представляют собой «зрелую» стадию развития фуникулярных тел, в то время как маленькие, с небольшим количеством симбионтов, – «раннюю» стадию. Наличие электронноплотного матрикса в просветах между симбионтами и цитоплазматическими отростками клетки хозяина, а также предполагаемый рост фуникулярных тел могут свидетельствовать об обмене веществ между тканями мшанки и бактериями, в частности наличии транспорта веществ к симбионтам. Таким образом, фуникулярные тела могут служить резервуаром для поддержания жизнедеятельности бактерий и их размножения. Поскольку личинки ряда видов мшанок несут симбионтов, можно предположить, что бактерии заселяют личинок, проникая в выводковые камеры (овицеллы), перемещаясь к ним по фуникулярным тяжам.

Исследование проводилось при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 16-04-00243-а) и Санкт-Петербургского государственного университета (гранты 1.42.1493.2015 и 1.42.739.2017).

# ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ СИБОГЛИНИД (ANNELIDA: SIBOGLINIDAE) И АНАЛИЗ ИХ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО И БАТИМЕТРИЧЕСКОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Н.П. Карасева\*<sup>1</sup>, Н.Н. Римская-Корсакова<sup>1</sup>, И.А. Екимова<sup>1</sup>, Веденин А.А.<sup>2</sup>, Галкин С.В.<sup>1</sup>, В.В. Малахов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [oasisia@gmail.com](mailto:oasisia@gmail.com)

История изучения сибоглинид насчитывает уже более 100 лет, важно отметить, что по сей день происходят новые интересные находки их представителей и ежегодно описываются новые виды. В состав Siboglinidae в настоящий момент включают четыре подгруппы: Vestimentifera, Monilifera, Frenulata, Osedacinae. Вопросы филогении и систематики Siboglinidae до сих пор являются предметом для обсуждения, в научном сообществе и мы хотели бы представить обзор новейших из них. Если ранее вестиментифер (Vestimentifera) и погонофор (Frenulata) рассматривали как самостоятельный тип животных, то в настоящий момент о каждом из таксонов можно судить в лучшем случае, как о подсемействе. Еще два подсемейства сибоглинид – это Monilifera и Osedacinae - каждое состоит из единственного рода. Monilifera – это небольшая группа бескишечных червей - всего около 6 видов включенные в род *Sclerolinum* Southward, 1961, обитающих на затонувшей древесине, канатах и т.п., хотя известны виды, обитающие и на илистом субстрате. Представители Osedacinae, включающие род *Osedax* Rouse, Goffredi & Vrijenhoek, 2004, участвуют в разложении скелетов крупных морских позвоночных и в настоящий момент группа насчитывает 25 видов. Сибоглиниды широко распространены в восстановительных сообществах Тихого, Атлантического, Северного Ледовитого и Южного океанов. В Индийском океане на его периферии в районе Яванского желоба, на данный момент известна всего одна находка вестиментифер. Представители сибоглинид распространены в широком диапазоне глубин от шельфа до ультраабиссали. Причем отдельные их представители демонстрируют способность приспосабливаться к широкому диапазону глубин, например *Siboglinum caulleryi* Ivanov, 1957 обитает на глубинах от 22 до 8164 м.

Работа выполнена при поддержке РФФИ 12-04-31427мол\_а, РФФИ 15-29-02601офи-м, РНФ № 14-50-00034, РНФ № 18-14-00141.

## ГРАНИЦЫ ЦАРСТВА ГРИБЫ И ПРОБЛЕМА ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЯ

С.А. Карпов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. <sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: [sakarpov4@gmail.com](mailto:sakarpov4@gmail.com)

Супергруппа Opisthokonta включает два традиционных царства многоклеточных организмов: Metazoa и Fungi, каждое из которых «притягивает» к себе родственных протистов в результате чего опистоконты делятся на две ветви: Holozoa и Holomycota. Общеизвестно, что грибы это гетеротрофные сапротрофы или паразиты, питающиеся через клеточную стенку из хитина. Однако открытие новых филогенетических ветвей Cryptomycota и Aphelida в основании кластера Holomycota привело к формированию сестринской грибам ветви Opisthosporidia, которые также имеют хитин в клеточной стенке покоящихся стадий, но их трофонты лишены хитина и питаются фаготрофно. На основании близкого родства грибов и опистоспоридий многие микологи включают последних в царство грибы, размывая его характеристику, границы и расширяя его объем иногда до Holomycota. В докладе приведена критика подобных воззрений. Тема границ царства грибы тесно связана с обсуждением их предковой формы. Ближайший к предку кластер представлен хитридиомицетами, которые, однако, весьма гетерогенны и по мере изучения сами служат источником новых крупных таксонов. В частности, недавние исследования внешне типичных хитридиомицетов сем. Sanchytriaceae показали, что по ультраструктуре зооспор и рибосомным генам они не являются хитридиомицетами, а дают новую глубокую ветвь среди зигомицетов. Слабая изученность хитридиомицетов очевидна и это не дает возможности однозначно судить о природе предковой формы грибов, которая может быть как паразитической, так и свободноживущей. В то же время, новые данные о транскриптоме афелид позволяют предварительно судить об общем предке опистоспоридий и грибов, который был, вероятно, хищником.

Работа поддержана грантом РФФИ 16-14-10302, scholarship program "Jean d'Alembert" of Paris-Saclay University, программой Президиума РАН "Эволюция органического мира. Роль и значение планетарных процессов", НИР ЗИН РАН № АААА-А17-117030310322-3.

# ПЕРЕОПИСАНИЕ МОРФОЛОГИИ *MOINA AUSTRALIENSIS* SARS, 1896 (CRUSTACEA: CLADOCERA) ПО ДАННЫМ СВЕТОВОЙ МИКРОСКОПИИ

А.Г. Кирдяшева\*<sup>1</sup>, А.Н. Неретина\*\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Россия. <sup>2</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия. E-mail: [\\*anna.kirdyashewa@yandex.ru](mailto:*anna.kirdyashewa@yandex.ru), [\\*\\*neretina-anna@yandex.ru](mailto:**neretina-anna@yandex.ru)

Представители семейства Moinidae (Crustacea: Cladocera) широко распространены в тропических регионах Старого и Нового Света, а также Австралии. Несмотря на значительные успехи, достигнутые в систематике кладоцер, многие виды из этого семейства по-прежнему нуждаются в переописании в соответствии с современными стандартами систематики. Цель нашей работы заключалась в переописании морфологии редкого и малоизвестного таксона *Moina australiensis* Sars, 1896. Материалом для работы послужили планктонные пробы, отобранные в водоемах юго-восточной части Австралии. Особей из них выбирали поштучно пипеткой и исследовали под микроскопом Olympus BX41. В результате проведенного исследования было установлено, что по некоторым морфологическим особенностям *M. australiensis* наиболее близка к группе таксонов, которую предлагается выделить в отдельный род *Ehomoina* Hudec, 2010. К таким особенностям можно отнести: (1) наличие волосков на голове, створках и спинной части постабдомена; (2) два яйца в эфиппие; (3) длинный экзоподит на торакопode I самца. В качестве диагностических признаков *M. australiensis* на данном этапе можно рассматривать: (1) сгруппированные в розетки щетинки на заднем крае створки у самок; (2) волоски на дистальной части постабдомена; (3) особенности вооружения гнатобазы торакопода II; (4) четыре крюка на антенне I самца. По предварительным оценкам, сегодня фауна моинид Австралии насчитывает всего пять видов. Из них наиболее близким видом к *M. australiensis* можно считать только *M. tenuicornis* Sars, 1896. По-видимому, ареалы обоих видов ограничены Австралией, а их находки в других тропических регионах являются результатом неверного определения. Безусловно, тщательное определение представителей семейства Moinidae в гидробиологических пробах заслуживает более пристального внимания. Переописание морфологии редких и малоизвестных таксонов – только первый шаг к комплексной оценке разнообразия этой группы в тропических регионах.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-00389 мол\_а.

## РАЗНООБРАЗИЕ МЕХАНИЗМОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ НЕПРЕРЫВНОСТЬ ПОЛОВОЙ ЛИНИИ КЛЕТОК В ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОМ РАЗВИТИИ АННЕЛИД

В.В. Козин\*, Р.П. Костюченко

Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

\*E-mail: [v.kozin@spbu.ru](mailto:v.kozin@spbu.ru)

Проблема передачи генетической информации в ряду клеток т.н. зародышевого (полового) пути была обозначена еще в работах Августа Вейсмана, но интерес к ней не угасает и по сей день. Современные авторы сходятся во мнении, что существует непрерывность зародышевой плазмы и зародышевой линии клеток. При этом часто постулируется, что и гаметы и соматические зачатки возникают из популяции стволовых (примордиальных стволовых) клеток. Интересно, что такое объяснение охватывает не только события эмбриогенеза, но и период взрослой жизни, включая процессы регенерации и бесполого размножения. В отношении аннелид вопрос о происхождении, динамике и распространенности стволовых популяций клеток во многом остается открытым. Для спецификации линии половых клеток также до сих пор не найдено канонического механизма. Утверждения авторов как насчет наличия ниши примордиальных половых клеток (ППК) - «первичной гонады», так и насчет единства происхождения половых и соматических стволовых клеток являются во многом спекулятивными и нуждаются в дальнейших исследованиях. Для аннелид характерно значительное варьирование по формам и полноценности восстановительных морфогенезов, что делает описание их клеточных механизмов еще более важным. Вопрос источника и динамики клеток зародышевого пути при регенерации и бесполом размножении у этих червей ставится нами (на современном уровне понимания механизмов цитодифференциации) впервые. Для первичного теоретического осмысления этой проблемы нами проведен анализ литературных и собственных данных по характеру тканевой пластичности и молекулярным маркерам ППК у аннелид. Оказывается весьма интересным, что у кольцецов различаются как количество гомологов генов, связанных с поддержанием зародышевого пути и мультипотентности, так и локализация их экспрессии. У нескольких клителлят наблюдается экспансия семейств генов *Vasa* и *Piwi*, что коррелирует с особым порядком спецификации ППК и выработкой индивидуальных механизмов (причем не всегда успешных) репаративного морфогенеза.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-34-00962-мол\_а.

# ЯВЛЕНИЯ ЗАВИСИМОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПЛАНА СТРОЕНИЯ ТЕЛА У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ SPIRALIA

В.В. Козин\*, А.Г. Мелентий, А.Ю. Шалаева, Р.П. Костюченко

Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

\*E-mail: [v.kozin@spbu.ru](mailto:v.kozin@spbu.ru)

Сегрегация зародышевых листков, спецификация осей и клеточных линий являются одним из фундаментальных свойств многоклеточных животных. Эти события раннего развития во многом определяют и будущий план строения в целом и его более мелкие детали. К группе Spiralia в эмбриологическом понимании относят аннелид, моллюсков, немертин и плоских червей. В основном все они характеризуются стереотипным паттерном дробления с ранним определением клеточных судеб, что внешне проявляется телобластическим способом формирования различных зачатков. Потрясающий консерватизм раннего развития спиралий сочетается с большим разнообразием взрослых форм. При современных технических возможностях этот интереснейший феномен может быть не только детально описан на микроанатомическом и клеточном уровне, но и объяснен с помощью молекулярно-генетических и функциональных методов анализа развития. В настоящей работе нами проведена первичная оценка явлений зависимой спецификации, т.е. развития в зависимости от внешних сигналов, посредством анализа путей межклеточной коммуникации (сигналинга) у аннелид и моллюсков. По результатам биоинформационного скрининга можно судить о сохранении анцестрального репертуара участников Wnt сигналинга у нереидных полихет. В общедоступных базах данных для *Platynereis dumerilii* (Audouin & Milne Edwards, 1833) имеются следующие подтвержденные гены, кодирующие компоненты канонического Wnt пути: 12 лигандов Wnt (из 13 известных семейств отсутствует лишь Wnt3), 9 Frizzled-подобных Wnt-связывающих белков (в т.ч. 4 рецептора), растворимые антагонисты WIF и Wise/SOST, трансмембранный транспортер лигандов Wntless/Evi, внутриклеточный медиатор Dishevelled, эффекторный транскрипционный фактор TCF/LEF, ядерный кофактор beta-catenin, его супрессоры APC, Axin, GSK-3beta. В неаннотированной базе транскриптомных и черновых геномных данных нам удалось идентифицировать последовательности, кодирующие гомологи Dickkopf и Groucho/TLE. У *Alitta virens* (M. Sars, 1835) также были обнаружены основные Wnt лиганды и внутриклеточные медиаторы. Гомологи ингибиторов Wnt пути, такие как Cerberus и Shisa (известны только для позвоночных), не были обнаружены и у нереид. С помощью фармакологических модуляторов мы установили функциональное значение Wnt и TGF-beta сигнальных каскадов. У *A. virens* и *Mytilus edulis* Linnaeus, 1758 наиболее выраженный эффект ингибиторов проявляется во время гетероквадрантного спирального дробления. Несмотря на высоко детерминативный характер развития этих видов, межклеточные взаимодействия необходимы для разметки осей симметрии и гастрюляционного морфогенеза.

Работа выполнена на базе морской биологической станции СПбГУ (УНБ «Беломорская») при поддержке гранта РНФ 17-14-01089 и РФФИ 18-04-01135.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ РАКООБРАЗНЫХ ASCOTHORACIDA - РОССИЙСКАЯ ТРАДИЦИЯ, ДОЖИВШАЯ ДО НАШИХ ДНЕЙ

Г.А. Колбасов\*, А.С. Петрунина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [gakolbasov@gmail.com](mailto:gakolbasov@gmail.com)

Исследования ракообразных подкласса Ascothoracida - удачливых паразитов книдарий и иглокожих имеют долгую историю, ставшую традицией в отечественной зоологии. Этой группой успешно занимались такие наши соотечественники, как Н.М. Книпович, А.М. Дьяконов и В.Л. Вагин. Этими учёными внесён существенный вклад в изучение морфологии и анатомии этих ракообразных, построение их систематики и таксономии. Стараясь не отставать от наших предшественников, мы провели исследования морфологии, жизненных циклов и филогении различных представителей аскоторацид из обоих отрядов (Laurida и Dendrogastrida). Был описан ряд новых таксонов из различных хозяев, с различных глубин и районов Мирового Океана, получены новые данные по личиночному развитию этих паразитов. Начаты исследования их молекулярной филогении. В частности показано, что семейство Dendrogastridae может быть немонофилетическим, а науплиальные личинки рода *Petrarca*, проявляя чудеса ловкости, способны протискиваться через мелкие поры в галле склерактиниевого коралла.

Исследования поддержаны грантами РФФИ МНТ\_а и 18-04-00624 А.

ЛИЧИНОЧНОЕ РАЗВИТИЕ И МЕТАМОРФОЗ *CAOBANGIA BILLETI* GIARD 1893 (SABELLIDA, ANNELIDA)Г.Д. Колбасова\*<sup>1,2</sup>, Ю.В. Храмова<sup>2</sup><sup>1</sup>Беломорская биологическая станция им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.\*E-mail: [utricularia57@yandex.ru](mailto:utricularia57@yandex.ru)

Каобангиды – маленькая группа тропических кольчатых червей семейства Sabellidae, ведущих полупаразитический образ жизни на раковинах пресноводных улиток. По своему плану строения они напоминают форонид, анус открывается вблизи головы, а большая часть тела несегментированна. В то же время, у них имеется задняя зона роста, и остаются следы наружной метамерии. В онтогенезе такой план строения возникает путём дорзо-вентрального складывания тела личинки. Будучи живородящими гермафордитами, каобангиды вынашивают свои яйца и трохофоры в матке. Развиваясь, трохофора уменьшается в объеме, у неё появляются большие тёмные глаза с линзами, зачатки жаберных опахал и ресничное поле вокруг рта. Пищеварительный канал личинки состоит из передней кишки, выстланной толстой кутикулой, и обширной средней кишки, заполненной желтком, задняя кишка отсутствует. Нервная система представлена мощным надглоточным ганглием, подглоточным ганглием и 8 парами сегментных ганглиев, соединенных толстыми, широко расставленными нервными стволами и толстыми комиссурами. Трохофора развивается в ползающую 8-сегментную личинку герпохету, с параподиями, несущими по 2 капиллярных щетинки, и сверлильными щетинками в последнем сегменте. Герпохеты покидают матку родительской особи и ищут место для оседания на раковине хозяина. Выбрав подходящее место, герпохета строит себе полупрозрачную куполообразную капсулу, и начинается метаморфоз. Личинка сверлит раковину, растворяя её секретом желёз, и складывается пополам так, что последний восьмой туловищный сегмент срастается с пятым. Далее задняя часть тела начинает разрастаться, в результате чего червь принимает грушевидную форму, а анус оказывается на спинной стороне на уровне 5-го щетинконосного сегмента.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНЫ ПАРАТОМИИ У ПРЕСНОВОДНОЙ ОЛИГОХЕТЫ *NAIS COMMUNIS* (OLIGOSCHAETA: NAIDIDAE)

Н.И. Колосов\*, Р.П. Костюченко\*\*

Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: \*[nikita-kolosov@yandex.ru](mailto:nikita-kolosov@yandex.ru), \*\*[r.kostyuchenko@spbu.ru](mailto:r.kostyuchenko@spbu.ru).

Бесполое размножение - чрезвычайно распространенное явление среди олигохет. В частности, в семействе Naididae чаще всего происходит деление по типу паратомии, в ходе которой на одном из сегментов тела интактного организма образуется перетяжка, разделяющая олигохету на передний и задний зооиды. При этом многие аспекты этого процесса все еще остаются слабо изученными. Данная работа посвящена изучению развития перетяжки у пресноводной олигохеты *Nais communis* на разных стадиях с целью исследования протекающих процессов и выявлению возможных клеточных источников бласты. При исследовании использовались методы приготовления серийных полутонких срезов и трансмиссионной электронной микроскопии, а также гибридизации *in situ*. Нами описано преобразование клеточного состава интактного сегмента и выявлены основные морфогенетические процессы, сопровождающие развитие зоны паратомии на разных стадиях. Было показано, что развитие перетяжки сопровождается модификацией покровов и перестройкой мышечной и нервной систем. Несомненно, важную роль в образовании перетяжки играют процессы дедифференцировки, пролиферации и вероятного выселения клеток покровного эпителия через разрывы мышечного слоя. Кроме того, на некоторых стадиях были обнаружены миоциты, которые по своим характеристикам напоминали дедифференцированные клетки, что также может говорить о потенциальном вкладе мышечной системы в образование бластных масс. Важно отметить, что методом гибридизации *in situ* нами была показана экспрессия генов-маркеров стволовых и малодифференцированных клеток в клетках покровного эпителия и бластных массах зоны перетяжки, что согласуется с представлением о недифференцированном состоянии большого числа клеток формирующейся зоны паратомии. В тоже время такая экспрессия обнаружена и в немногочисленных мигрирующих на вентральной стороне тела клетках, обнаруживаемых в последствии в области вероятного зачатка гонад. Таким образом, паратомия это сложный процесс, сопряженный с локальным изменением клеток покровного эпителия, преобразованием мышечной и нервной системы. Исследование зоны паратомии у *Nais communis* смогли бы пролить свет на такие проблемы биологии развития как смена клеточной судьбы и трансдифференцировка.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №16-04-00991-а и 18-34-00962 - мол-а с использованием оборудования РЦ РМиКТ СПбГУ.

# ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ОТЛИЧИЯ, МОРФОЛОГИЯ И ФИЛОГЕНИЯ КОПЕПОДЫ СЕМЕЙСТВА LAMIPPIDAE – ГАЛЛООБРАЗУЮЩЕГО ПАРАЗИТА *GORGONIA VENTALINA*

О.А. Коржавина<sup>\*1</sup>, М.А. Никитин<sup>2</sup>, В.Н. Иваненко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. \*E-mail: [korzhavina@mail.bio.msu.ru](mailto:korzhavina@mail.bio.msu.ru)

Lamippidae – семейство веслоногих ракообразных, паразитирующих на восьмилучевых кораллах и характеризующихся округлой формой тела и редукцией конечностей. Нами будут рассмотрены морфологические отличия нового вида галлообразующих копепод рода *Sphaerippe*, найденных в Карибском море на мелководной горгонии *Gorgonia ventalina* и вызывающих у коралла заболевание, ранее описанное как Синдром множественных розовых пятен (Ivanenko et al., 2017; Shelyakin et al., 2018). Нами будут проанализированы вариабельные участки ядерного и митохондриального ДНК и определены внутривидовые отличия копепод, обитающих в разных частях Карибского моря. По результатам анализа четырех маркеров ДНК впервые будет определено положение семейства Lamippidae на филогенетическом древе веслоногих ракообразных.

УЛЬТРАСТРУКТУРА ЦИРТОЦИТОВ *NOTENTERA IVANOVI* (TURBELLARIA, FECAMPIIDAE) – НОВЫЙ ФИЛЬТРУЮЩЕ-СЕКРЕТОРНЫЙ АППАРАТ

Е.Е. Корнакова

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: [notentera.f@gmail.com](mailto:notentera.f@gmail.com)

Циртоциты *N. ivanovi* состоят из трех клеток, терминальной и двух проксимальных клеток экскреторного канала. Размер циртоцитов превышает 300мкм. У одного червя обнаруживается не более 6 – 7 циртоцитов. Терминальная клетка содержит пучек жгутиков, количество аксонем превышает 300. Каждый жгутик имеет поперечно-полосатый корешок. Жгутики отходят по всей стенке трубковидной изогнутой терминальной клетки. Стенка терминальной клетки содержит длинную десмосому, проходящую на всем протяжении клетки. Обильны внутренние лептотрихии. Фильтрующий аппарат представлен узкими фиссурами, пронизывающими стенку терминальной клетки. Ядро терминальной клетки лежит на уровне основания пучка жгутиков. Стенка терминальной клетки имеет необычное строение – она отдает многочисленные отростки и крупные цитоплазматические выросты. Между отростками и цитоплазматическими выростами образуются крупные внеклеточные лакуны. В цитоплазме терминальной клетки многочисленны микротрубочки. Синтетический аппарат образован немногочисленными цистернами шероховатого ретикулума и обильными комплексами Гольджи. Секрет представлен крупными электронно-плотными гранулами, крупными вакуолями с «пушистым» содержимым и многочисленными мелкими секреторными образованиями с содержимым различной электронной плотности. Секрет выводится во внеклеточные лакуны, затем через фиссуры попадает внутрь ампулы циртоцита. При этом крупные электронно-плотные образования принимают грушевидную форму, обращенную узким концом в отверстие фиссуры. Вакуоли с «пушистым» содержимым внутри терминальной клетки сливаются, теряя мембрану. На дистальном конце циртоцита терминальная клетка окружена первой проксимальной клеткой канала. Чуть дистальнее к ней присоединяется вторая проксимальная клетка. Просвет содержит концевой участок пучка жгутиков. Стенки проксимальных клеток канала лишены жгутиков. Каждая проксимальная клетка канала содержит десмосому. Просвет, образованный двумя проксимальными клетками канала, соединяется с последующей клеткой канала, также имеющей десмосому. Было изучено ультраструктурное строение циртоцитов у наименьших из обнаруженных (около 70мкм длиной) ювенильных особей. Их стенки циртоцитов лишены отростков и крупных цитоплазматических выростов, циртоцит представлен узкой гладкой трубкой. В месте соединения с первой проксимальной клеткой канала обнаружена септированная десмосома, отсутствующая у циртоцитов взрослых особей. Также отсутствуют фиссуры в стенке терминальной клетки, то есть у самых молодых особей циртоцит еще недоразвит и не выполняет фильтрующую функцию. Циртоциты *N. ivanovi* не имеют сходства ни с одним из описанных для других отрядов турбеллярий типов циртоцитов. Поскольку для турбеллярий ультраструктура циртоцитов является важным филогенетическим признаком, можно предположить, что такая необычная ультраструктура фильтрующе-синтезирующего аппарата является апоморфией для отр. Fecampiidae.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (бюджетная тема № АААА-А17-117030110029–3) и гранта РФФИ 16–04–00593.

ООГЕНЕЗ У *Ectopleura*: РОЛЬ ИНТЕРСТИЦИАЛЬНЫХ КЛЕТОК

И.А. Косевич\*, Ю.А. Бурмистрова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [ikosevich@gmail.com](mailto:ikosevich@gmail.com)

У многоклеточных животных развитие ооцитов из клеток-предшественников зачастую сопровождается гипертрофическим ростом. У большинства Гидроидных, представителей низших многоклеточных, увеличение ооцитов в размерах осуществляется на основе солитарного типа вителлогенеза, так как никаких специализированных клеток-нянек в этой группе стрекающих не известно. Однако у небольшого числа Гидроидных описано участие "абортивных" оогониев в поддержании роста ооцита. В данной работе было начато исследование роста и созревания ооцитов у гидроидного *Ectopleura larynx* (Ellis & Solander, 1786). Материал был собран легководолазным методом на Беломорской биостанции им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова. Исследование проводили с использованием световой и электронной микроскопии, иммуноцитохимии и конфокальной лазерной сканирующей микроскопии. У *E. larynx* развитие гамет начинается в гонофорах. После закладки почки гонофора в него мигрирует большое количество интерстициальных клеток (i-клеток) - тотипотентных клеток гидроидных. Они аккумулируются на одной стороне спадикса между гастродермой и эпидермой медузоидного узелка. Первоначально все i-клетки выглядят одинаково и ничем не отличаются от i-клеток в других частях гидранта. По мере развития гонофора начинается медленный рост пула всех i-клеток. При этом оказывается, что в размерах увеличиваются не все i-клетки, а только их часть, которая в дальнейшем и даст начало первому ооциту. В определенный момент происходит "слияние" увеличивающихся i-клеток в один многоядерный синцитий. Большинство ядер синцития характеризуются фрагментированным хроматином. Ооцит-синцитий увеличивается в размерах и постепенно округляется. Зрелый ооцит перемещается из под эпидермы спадикса в полость редуцированного медузоида, где, вероятно, и происходит оплодотворение и дальнейшее развитие зародыша. "Дополнительные" ядра длительное время обнаруживаются в дробящемся зародыше, и постепенно исчезают лишь во время гастрюляции. Сходный вариант развития и созревания ооцита описан ранее для Гидроидный у *Corymorpha pendula* и *Hydra*. Относительно подробно это явление изучено на примере Гидры, где оно было охарактеризовано как "отложенный апоптоз клеток-нянек". Однако до сих пор не известны механизмы регуляции этого процесса и "выбора" предшественника "реального ооцита".

Работа поддержана грантом РФФИ № 15-04-06264.

К БИОЛОГИИ САМЦОВ КАЛАНОВИДНЫХ КОПЕПОД РОДА *CALANUS* В АРКТИЧЕСКИХ ВОДАХ

К.Н. Кособокова

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [xkosobokova@ocean.ru](mailto:xkosobokova@ocean.ru)

Веслоногие рачки рода *Calanus* являются ключевыми элементами планктонных экосистем умеренных и высоких широт Северного полушария. Их самки присутствуют в планктоне круглый год, а самцы появляются обычно только в зимний период. Начиная с апреля и до конца осени, самцы встречаются довольно редко, или вообще отсутствуют в планктоне. Из-за трудности проведения исследований в арктических морях в зимний период о самцах видов р. *Calanus* высокоширотных районов известно очень немного. Задачей исследования было восполнить существующие пробелы в знаниях об их биологии, сезонных изменениях обилия и участия в процессе размножения. В работе приведены данные о видовом составе, численности, пространственном распределении самцов каланусов, обнаруженных во фьордах Шпицбергена (78-80°с.ш.) в январе 2015, 2016 и 2017 гг., их размерном составе, содержании липидов и о результатах измерения их двигательной активности. Общая численность и относительный вклад самцов в обилие *Calanus* в исследованных фьордах в январе были существенно выше, чем в другие месяцы года. Идентификация самцов методами молекулярной генетики показала, что все особи в период исследований принадлежали к арктическому виду *Calanus glacialis*, несмотря на то, что по численности в планктоне в это время доминировал атлантический вид *C. finmarchicus*. Эти данные показывают, что линька V копеподитов *C. glacialis* во взрослых самцов происходит раньше по сезону, чем у *C. finmarchicus*. Они также свидетельствуют о том, что взрослые самцы *C. glacialis* активны в течение зимы и копулируют с самками в этот период. Полученные результаты позволяют по-новому взглянуть на роль зимнего периода в успешном размножении арктической копеподы *C. glacialis*, на сезонные различия в проявления репродуктивной активности у разных видов рода, а также у разных полов *C. glacialis*. Судя по полученным данным, основной сезон размножения самцов *C. glacialis* приходится на зимний период, что необходимо принимать во внимание при трактовке жизненного цикла вида.

# СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ СУБЛИТОРАЛИ ВЕЛИКОЙ САЛМЫ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ) И АНАЛИЗ ЕЕ ИЗМЕНЕНИЙ ВО ВРЕМЕНИ

К.А. Котельников\*<sup>1</sup>, В.О. Мокиевский<sup>2</sup>, А.Б. Цетлин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

<sup>2</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [kiralkot@gmail.com](mailto:kiralkot@gmail.com)

В 2003-2005 годах в рамках комплексных исследований Великой Салмы Кандалакшского залива Белого моря была проведена дночерпательная съемка на 32 станциях на глубинах 14-49 м (1-5 проб на станции, всего 77, дночерпатель Ван-Вина, 0,1м<sup>2</sup>). Выявлено 247 таксонов (39% – Polychaeta; 23% – Mollusca; 28% – Crustacea; 10% – остальные группы). В сентябре 2016 года в рамках проекта по картографированию донных ландшафтов акватории были проведены исследования на 11 станциях на глубинах 21-39 м (33 пробы, дночерпатель Day-grab, 0,1м<sup>2</sup>). Найдено 143 таксона (46% – Polychaeta; 22% – Mollusca; 22% – Crustacea; 10% – остальные группы). Сравнение видовых списков (в том числе со станций с совпадающими координатами) показало значительные различия, однако, они связаны преимущественно с присутствием или отсутствием видов с низкой встречаемостью (предполагать исчезновение таких видов в Великой Салме нельзя, так как количество проб оказалось недостаточным для их выявления). В 2016 году выявлено сообщество с доминированием *Galathowenia oculata*, *Yoldia hyperborea* и *Portlandia arctica*, представленное тремя вариантами, которые имеют сходные наборы доминирующих и характерных видов, и отличаются только их рангом в каждой группе. Структура сообществ в целом не изменилась, доминируют все те же виды, что и 10 лет назад: *Yoldia hyperborea*, *Portlandia arctica*, *Galathowenia oculata*, *Nephtys ciliata*, *Nuculana pernula*, *Ennucula tenuis*, *Macoma calcaria*, *Mya truncata*. Наибольший вклад в различия двух съемок вносят виды *Galathowenia oculata*, *Cistenides hyperborea* и *Praxillella praetermissa*, обилие (биомасса и доля участия в сообществах) которых достоверно значительно увеличилось, и *Yoldia hyperborea* и *Chaetozone setosa*, обилие которых заметно снизилось. У нескольких видов моллюсков – *M. calcaria*, *N. pernula*, *Y. hyperborea*, *A. elliptica*, *E. tenuis*, *P. arctica* – было обнаружено преобладание мелких особей в современной съемке по сравнению с 2003-2005 гг. Достоверное понижение биомассы было выявлено для *A. elliptica*, *M. calcaria* и *Y. hyperborea*. При сравнении дночерпательных съемок в пределах полигона более надежные результаты получаются при использовании выборки станций с совпадающими координатами. Достоверные различия в показателях обилия можно ожидать для организмов с плотностью поселений более 100 экз./ м<sup>2</sup>. Для видов с более низкой плотностью пространственные вариации плотности затрудняют выявление межгодовых различий.

## ФИЛОЛЕОГРАФИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ: ВЕТВИСТОУСЫЕ РАКООБРАЗНЫЕ (CLADOCERA) КАК МОДЕЛЬНАЯ ГРУППА

А.А. Котов

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия.

E-mail: [alexey-a-kotov@yandex.ru](mailto:alexey-a-kotov@yandex.ru)

В последнее время все большее распространение получает исторический подход к биогеографическому анализу, который реализуется, в первую очередь, в форме филогеографии (геногеографии). Понимание общих закономерностей истории формирования биоразнообразия континентальных водоемов должно базироваться на изучении некоторых модельных групп. В докладе будут представлены результаты последних исследований филогеографических паттернов нескольких родов ветвистоусых ракообразных Северной Евразии, которые только начинают складываться в единую целостную картину. Преимущественно эти работы проведены коллективом лаборатории экологии водных сообществ и инвазий ИПЭЭ РАН в сотрудничестве с коллегами из других институтов. Результатом нашей работы стало выявление у ветвистоусых ракообразных "европейско-западносибирского" и "берингийского" фаунистического над-комплексов ("типов фауны" по Штегману (1938)) с переходной зоной, располагающейся в бассейне Енисея, или немного западней, в бассейне Оби. Впервые как минимум для кладоцер показано, что Берингийская зона был центром расселения по всей Восточной Палеарктике по крайней мере для некоторых таксонов. При этом последнее, в том числе, шло и с севера на юг, что является неожиданным выводом, поскольку предыдущие работы по большей части выявляли расселение различных гидробионтов из южных регионов на север. В Европейской части России также имеются как таксоны, которые пережили плейстоценовое оледенение в южных (что ожидаемо), так и в северных рефугиумах. Наконец, в Восточной Сибири сохранились немногочисленные реликтовые эндемичные клады, возможно, остатки третичной фауны. Проверка универсальности выявленной картины формирования биоразнообразия на примере других таксонов ветвистоусых ракообразных представляет собой абсолютно новую, масштабную и актуальную задачу биогеографии пресноводных животных в целом.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-14-00325).

## "НЕТИПИЧНЫЕ" ЛИЧИНКИ-ПЛАНУЛЫ КНИДАРИЙ

Ю.А. Краус<sup>\*1,2</sup>, Т.Д. Майорова<sup>2,3</sup>, Б.В. Осадченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, г. Москва, Россия. <sup>3</sup>National Institute of Neurological Disorders and Stroke, NIH, Bethesda, MD, USA. \*E-mail: [yulia\\_kraus@mail.ru](mailto:yulia_kraus@mail.ru)

В жизненном цикле большинства книдарий присутствует первичная лецитотрофная личинка планула. "Типичная" планула имеет вытянутое тело с морфологически дифференцированными передним (округлый) и задним (заостренный) концами, эпителиальные экто- и энтодерму, гастральную полость, несколько типов клеток (эпителиально-мускульные, интерстициальные, стрекательные, нервные, железистые) (Иванова-Казас, 1995; Leclerc et al., 2016). Однако при более внимательном рассмотрении, выясняется, что планулы "типичного" строения характерны далеко не для всех книдарий. Как устроены "нетипичные" планулы? С чем связаны изменения развития и строения личинок книдарий? На эти вопросы мы постарались ответить, изучая личинок представителей этого типа: *Aglantha digitale* (Hydrozoa), *Pelagia noctiluca* (Scyphozoa) и *Lucernaria quadricornis* (Staurozoa). Мы охарактеризовали последовательные стадии развития и строение планул с помощью следующих методов: прижизненные наблюдения, световая микроскопия, гистология, конфокальная и электронная микроскопия. Мы считаем, что особенности строения планул *Aglantha* и *Lucernaria* (малое число клеток, энтодерма в форме стержня из вакуолизованных клеток, отсутствие гастральной полости, сильное замедление клеточной дифференцировки) связаны с эволюционной тенденцией к ускорению развития, миниатюризации эмбриона и личинки, а также (*Aglantha*) с изменением жизненного цикла (отсутствие стадии полипа). Особенности строения и развития планулы *Pelagia* (недоразвитие энтодермы, сохранение бластоцеля и накопление в нём мезоглеи) имеют ещё более очевидную связь с эволюцией жизненного цикла (отсутствие полипа и развитие медузы непосредственно из планулы). Таким образом, присутствие в жизненном цикле "нетипичной" планулы может указывать на эволюционные изменения репродуктивной стратегии и жизненного цикла.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ МИКРОТОМОГРАФИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Г.А. Кремнев\*<sup>1</sup>, Л.Ю. Крючкова<sup>2</sup>, С.В. Щенков<sup>1</sup>, А.А. Миролюбов<sup>1,3</sup>, В.А. Калашникова<sup>1</sup>, В.В. Лебеденков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия. <sup>2</sup>Ресурсный Центр Рентгенодифракционных методов исследования, г. Санкт-Петербург, Россия.

<sup>3</sup>Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. \*E-mail: [ekremnyov@yandex.ru](mailto:ekremnyov@yandex.ru)

Компьютерная микротомография (micro-CT) — это удобный метод, потенциально позволяющий изучать внутреннюю организацию биологических объектов без специфического окрашивания или изготовления срезов. Качество итогового изображения во многом определяется способом пробоподготовки образца и параметрами съемки. При работе с паразитическими организмами данный метод обычно используют скорее для выявления паразита в тканях хозяина, чем для изучения организации этих беспозвоночных животных. Нами было проведено микротомографическое сканирование янтарки (*Succinea putris* Linnaeus, 1758), зараженной спороцистой *Leucochloridium paradoxum* Carus, 1835 (Trematoda: Leucochloridiidae). Моллюски были собраны в пределах Санкт-Петербурга и его пригородов в сентябре 2017 и мае 2018 года. После удаления раковины зараженные янтарки были целиком зафиксированы в растворе Ценкера с добавлением ледяной уксусной кислоты. Затем два из четырех моллюсков были выдержаны в спиртовом растворе фосфорновольфрамовой кислоты (для придания образцам большей контрастности). Последующая съемка была проведена в 96% спирте на микротомографе Bruker Skyscan 1172 при разных параметрах ускоряющего напряжения, силы тока, шага сканирования и разрешения. Полученные массивы микротомографических изображений были проанализированы с использованием программ DataViewer и CTVox (Bruker Micro-CT). Были идентифицированы следующие отделы тела спороцисты, четко отличающиеся от окружающих тканей моллюска: выводковые столоны, содержащие сформированных метацеркарий; репродуктивные столоны, заполненные развивающимися личинками; трофические столоны, в зародышевой полости которых отсутствуют особи гермафродитного поколения; центральный столон, дающий начало всем прочим отросткам. Выводковые и репродуктивные столоны залегают в гемоцеле янтарки. Центральный и трофические столоны расположены в пределах гепатопанкреаса и гонады моллюска. Особенности организации кожно-мускульного мешка в каждом из обозначенных отделов спороцисты не могут быть охарактеризованы с помощью полученных фотографий. Использование компьютерной микротомографии позволяет получить непрерывную серию сечений (в трех проекциях) через зараженную янтарку. В результате появляется возможность реконструировать сложную пространственную организацию спороцисты. Полноценно решить эту задачу за счет препарирования паразита или изготовления серии гистологических срезов достаточно затруднительно. Достичь более качественной детализации получаемых изображений можно при изменении способа пробоподготовки образцов.

Работа выполнена в рамках инициативного проекта, зарегистрированного в ИАС СПбГУ под номером 1.52.1489.2017.

МОРФОЛОГИЯ И 3D РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМ ОРГАНОВ *OCHESTOSTOMA* SP. КАК КЛЮЧ К ПОНИМАНИЮ БИОЛОГИИ ЭХИУРИД

П.А. Кузнецов\*, Е.Н. Темерева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [cuznecov.petr2017@yandex.ru](mailto:cuznecov.petr2017@yandex.ru)

Echiurida – группа бентосных червей, которые живут в толще субстрата и оставляют на поверхности грунта только хобот. Такие особенности биологии делают эхиурид труднодоступными как для прижизненных наблюдений, так и для камеральных исследований. Детальное изучение морфологии и микроскопической анатомии эхиурид позволит пролить свет на особенности этих животных, многие детали строения которых и организация систем органов остаются до конца неизученными. Материалом для работы послужили эхиуриды *Ochetostoma* sp., собранные в окрестности Форт Пирс, Флорида (США) из толщи мертвого коралла. Были подготовлены полные серии поперечных гистологических срезов, на основе которых были составлены трехмерные реконструкции систем органов. Морфология и общая анатомия были изучены в ходе анатомирования червей, а так же методами СЭМ. Одной из особенностей морфологии *Ochetostoma* sp. является наличие выраженной анальной лопасти, которая характеризуется мощным развитием соединительной ткани, наличием многочисленных крупных эпидермальных желез и толстой обкладки задней кишки, которая образована сильно вакуолизированными клетками. Возможно, анальная лопасть принимает участие в сверлении твердого субстрата: соединительная ткань и вакуолизированные клетки выполняют опорную функцию, а железы выделяют секрет, растворяющий субстрат. Край хобота несет многочисленные поперечные желобки, посредством которых, вероятно, происходит сбор частиц грунта. Целом не подразделен на отделы, а вентральный целомический плексус в хоботе отсутствует. Передняя кишка относительно короткая, ее отделы имеют сходное гистологическое строение, что свидетельствует о слабой механической обработке пищи, в которой принимает участие передняя кишка у других изученных видов эхиурид. В строении кровеносной системы *Ochetostoma* sp. выявлены ранее неизвестные дополнительные сосуды, связывающие нейрокишечный и кольцевой кровеносные сосуды. Кольцевой сосуд щетинок отсутствует. В целом организация кровеносной системы отличается от описанной ранее схемы строения. Многие особенности морфологии и гистологической организации органов, по-видимому, связаны с особенностями биологии *Ochetostoma* sp., однако, строение некоторых систем, демонстрирующее отличия от принятых схем, вероятно, следует рассматривать как следствие слабой изученности группы в целом. Так, методы 3D реконструкции ранее почти не применялись для описания систем органов эхиурид, и их использование ведет к выявлению ранее неизвестных особенностей анатомической организации.

Работа выполнена при поддержке РНФ (18-14-00082).

## ФОРМИРОВАНИЕ ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ БРАХИОПОД

Т.В. Кузьмина\*<sup>1,2</sup>, В.В. Малахов<sup>1,2</sup>, Е.Н. Темерева<sup>1</sup><sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.<sup>2</sup>Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия.\*E-mail: [kuzmina-t@yandex.ru](mailto:kuzmina-t@yandex.ru)

Брахиоподы – реликтовая группа морских беспозвоночных, которая включает три подтипа (Craniiformea, Rhynchonelliformea и Linguliformea). Каждый подтип имеет свои особенности морфологии и онтогенеза. У современных краниид наблюдается не прямое развитие, в ходе которого формируются радиально симметричные бластулы и гастролы, плавающие в толще воды. Гастролы трансформируются в билатерально-симметричных лецитотрофных личинок, которые при оседании складываются на вентральную сторону. Вскоре после метаморфоза у личинки образуется раковина и лофофор. Считается, что развитие краниид является исходным для брахиопод. Предполагается, что метаморфоз краниид отражает формирование плана строения брахиопод в филогенезе, когда ползающий предок для защиты складывался на брюшную сторону. Жизненный цикл ринхонеллиформных брахиопод наиболее близок к краниидам: формирование бластулы, гастролы и билатерально-симметричной личинки происходит в толще воды, все планктонные стадии не питаются. Однако, по нашим данным складывание, выраженное в изменении относительной длины спинной и брюшной сторон тела личинки, у ринхонеллиформных брахиопод происходит в толще воды, и компетентная личинка соответствует уже сложенной осевшей ювенили краниид. Современные лингулиформные брахиоподы представлены двумя семействами (лингулидами и дисцинидами), биология которых сильно различается. У дисцинид из яйца выходит лецитотрофная билатерально-симметричная личинка, которая в толще воды формирует раковину и лофофор и становится планктотрофной ювенилью. У лингулид из яйца вылупляется планктотрофная ювениль с раковинкой. Мы считаем, что жизненные циклы лингулиформных брахиопод сформировались путем поднятия сложенных ювенилей с раковинкой в толщу воды. Мы предполагаем, что исходный жизненный цикл брахиопод включал планктотрофную билатерально-симметричную личинку, которая при оседании складывалась на брюшную сторону. Дальнейшие трансформации жизненного цикла были связаны с переходом к лецитотрофии и формированием так называемых вторичных личинок, т.е. поднятых в толщу воды ювенилей. Таким образом, в эволюции брахиопод несколько раз происходило продление жизни в планктоне за счет поднятия в толщу воды осевших бентосных ювенилей и, соответственно, формирования вторичных планктонных стадий. Важно отметить, что планктонные стадии брахиопод негомогичны друг другу.

ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОБЕГА ГИДРОИДНОГО ПОЛИПА *DYNAMENA PUMILA* (LINNAEUS, 1758)Д.М. Купаева<sup>1</sup>, С.В. Кремнёв<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, г. Москва, Россия. \*E-mail: [d.kupaeva@gmail.com](mailto:d.kupaeva@gmail.com)

Колониальный гидроидный полип *Dynamena pumila* (Linnaeus, 1758) – перспективный модельный объект для эволюционной биологии развития. *D.pumila* обладает необычными способами морфогенеза на эмбриональной и взрослой стадии. Данный доклад сфокусирован на анатомии колонии. Работа была сделана базе Беломорской биологической станции. Исследование проводилось на растущих побегах разной стадии формирования терминального модуля при помощи конфокальной и световой микроскопии. Необычной особенностью анатомии *D.pumila* является наличие внешней эпидермальной выстилки перисарка. Нами были обнаружены как минимум 2 типа несвязанных эпителиальных полостей: общая полость столона и побега и отдельная выстилка каждого гидранта. В процессе формирования внешнего эпидермального слоя клетки мигрируют из эпидермы ценосаркального канала. При этом они теряют признаки эпидермальной ткани, формируют филоподии, которыми прикрепляются к внутренней поверхности перисарка и далее выползают из эпидермального слоя. После миграции клетки распластываются по поверхности перисарка и постепенно формируют непрерывный клеточный слой, который остается связанным с эпидермой канала. После формирования и открытия гидранта выстилка разрывается в апикальной части, но в ряде случаев остается прикрепленной к краю перисарка. В ней можно видеть 4 тяжа клеток, которые, вероятно, выполняют функцию ретракции гидранта. Формирование внутренней полости эпителиального пласта является необычной особенностью эпителиев Sertulariidae. Для эпителиев является необычным раздвоение пласта без окончательного разделения слоев. Такие особенности организации эпителия у *D.pumila* поднимает вопрос об организации эпителиальных тканей Hydrozoa в целом.

Исследования выполняются при поддержке РФФИ, проект № 17-04-01988 а.

ПРОЦЕССЫ БЕСПОЛОГО РАЗМНОЖЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ГОНАДОПОДОБНЫХ СТРУКТУР У *PRISTINA LONGISETA* (OLIGOCHAETA, ANNELIDA)

Е.Е. Купряшова\*, Р.П. Костюченко

Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

\*E-mail: [EEKUPR@mail.ru](mailto:EEKUPR@mail.ru)

Развитие при бесполом размножении, в отличие от эмбриогенеза, идет не за счет половых клеток, а происходит на основе взрослого, функционального, разнообразного по своему клеточному составу организма. Очевидно, что есть некие сигналы, комбинации внутренних и внешних факторов, инициирующие демонстрацию замечательной морфогенетической пластичности организма. Изучение природы этих сигналов и других молекулярных взаимодействий, определяющих место, время и характер морфогенеза, представляет огромный интерес для понимания базовых законов функционирования организма и клетки. При этом следует отметить, что в ряду поколений бесполо размножающихся особей, как правило, имеют место и индивидуумы, переходящие под влиянием определенных факторов внешней среды и питания к половому размножению. Вместе с тем, существуют животные, которые на протяжении многих лет в лабораторных условиях не формируют гонад и половых клеток. К последним относится и пресноводная олигохета *P. longiseta*. Чтобы ответить на вопрос о возможности сохранения потенций к формированию гонад у животных после длительного периода бесполого размножения, мы провели ряд исследований. Так, методом гибридизации *in situ* нами была показана экспрессия генов-маркеров стволовых и малодифференцированных клеток в мигрирующих клетках у *P. longiseta*, что говорит в пользу вероятного механизма передачи клеток половой линии от материнского зооида к дочернему. В тоже время нами были получены животные, внешне напоминающие сексуализированные, т.е. имеющие структуры типа пояска и мешкообразные органы, заполненные кластерами крупных и мелких клеток, исследование которых были проведены с помощью методов специфической окраски на ДНК, DIC и конфокальной микроскопии. Очевидно, что обнаруженный нами феномен требует дополнительного изучения, т.к. может ответить на некоторые вопросы сохранения потенций к сексуализации животных после длительного периода бесполого размножения.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №16-04-00991-а и 18-34-00962 - мол-а с использованием оборудования РЦ РМиКТ СПбГУ.

МИТОХОНДРИАЛЬНЫЙ ГЕНОМ ПРЕСНОВОДНОЙ МШАНКИ *CRISTATELLA MUCEDO* (BRYOZOA: PHYLACTOLAEMATA)В.А. Кутюмов<sup>\*1</sup>, А.Л. Мальцева<sup>1</sup>, В.В. Старунов<sup>1,2</sup>, А.Н. Островский<sup>1,3</sup><sup>1</sup>Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.<sup>2</sup>Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. <sup>3</sup>Университет Вены, г. Вена, Австрия. \*E-mail: [vkutiumov@gmail.com](mailto:vkutiumov@gmail.com)

Последовательности митохондриальных генов часто используются в качестве маркеров для филогенетического анализа. Однако, использование этих генов таит в себе ряд сложностей, которые необходимо учитывать для качественной реконструкции филогении, и одной из таких проблем является частота внутригеномных перестроек. Так, включенные в анализ таксономические группы, для которых характерны многократные реаранжировки митохондриальных генов, часто становятся источником эффекта притяжения длинных ветвей. Пролить свет на эти нюансы поможет изучение структуры и эволюции митохондриальных геномов. Пресноводные мшанки (Phylactolaemata) представляют исключительный интерес с этой точки зрения ввиду их базального положения на филогенетическом древе Bryozoa. Использование технологий NGS позволяет существенно расширить круг объектов с описанными митохондриальными и ядерными геномами. Полный геном пресноводной мшанки *Cristatella mucedo* Cuvier, 1798 был отсеквенирован при помощи Illumina HiSeq 2500 и MiSeq. Сборка митохондриального генома осуществлялась при помощи пайплайна MITObim 1.9, использующего ассемблер MIRA 4.0.2. Митохондриальный геном *C. mucedo* имеет размер 18 947 п.о., и на данный момент это самый большой из всех известных митохондриальных геномов мшанок. Геном содержит весь стандартный для Metazoa набор генов: 13 генов, кодирующих ферменты электрон-транспортной цепи, гены 12S и 18S рибосомальной РНК, а также 22 гена транспортных РНК. Помимо генов, митохондриальная ДНК содержит две протяженные некодирующие последовательности. Как и во всех описанных митохондриальных геномах Bryozoa, порядок генов на митохондриальной ДНК *Cristatella mucedo* является уникальным, что свидетельствует о высокой частоте внутригеномных перестроек. Среди других беспозвоночных подобный уровень вариабельности отмечен для Bivalvia, Tunicata, Brachioropoda, Syllidae. Предположительно, высокая частота внутригеномных перестроек может сказываться на GC-смещении, что приводит к накоплению филогенетического шума.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-34-00863 и компании Genotek в рамках конкурса на секвенирование новых геномов в 2016 году.

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О БИОГЕОГРАФИИ ПЕРМСКОГО СЕМЕЙСТВА АММОНОИДЕЙ PERRINITIDAE

Т.Б. Леонова

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

E-mail: [tleon@paleo.ru](mailto:tleon@paleo.ru)

Во время полевых работ 2017 г. сотрудниками лаборатории моллюсков ПИН РАН на раннепермском биогерме Шах-Тау в районе г. Стерлитамак в Башкирии был впервые найден представитель ассельско-сакмарского рода *Properrinites* Elias, 1938. Эта находка кардинальным образом меняет сложившиеся представления о биогеографии семейства *Perrinitidae* Miller et Furnish, 1940. До настоящего времени перринитиды считались наиболее типичными обитателями Тетической и Американской биогеографических областей. В Шах-Тау обнаружен единственный экземпляр *Properrinites*, который представлен обломком довольно крупной раковины (диаметр около 6 см) с хорошо сохранившейся наружной частью лопастной линии. Форма раковина типичная для этого рода. Наиболее важным диагностическим признаком является сохранившаяся наружная часть лопастной линии. Она состоит из вентральной, трех боковых сложно-рассеченных лопастей и двураздельной умбиликальной лопасти. Степень рассечения лопастей в данной группе указывает на эволюционную ступень исследуемого таксона. Род *Properrinites* относится к семейству *Perrinitidae*, представителей которого никогда раньше не находили на территории Урала и Предуралья. Наиболее близкой формой, как по возрасту, так и по географическому положению, можно считать памирского *Properrinites dmitrievi* Ruzhencev, 1978 из ассельско – сакмарских отложений Памира. Рифовое позднеассельское сообщество аммоноидей отличается от одновозрастных бассейновых сообществ на территории Уральского палеоокеана по таксономическому составу. Ранее здесь были найдены такие виды как *Shikhanites singularis* Ruzhencev, *Protopopanoceras sublahuseni* Gerassimov, которые никогда не были встречены в других местонахождениях. Находка *Properrinites* в верхнеассельских известняках рифа Шах-Тау указывает на то, что в начале пермской эпохи сохранялись морские связи между океаном Тетис и Уральским палеобассейном, и происходили миграции не только в южном направлении, но и в сторону Уральской области. Морские связи с тетическими бассейнами были полностью прерваны в середине этой эпохи в связи с полным закрытием южной части Уральского палеоокеана.

Работа выполнена при поддержке Программы № 17 фундаментальных исследований президиума РАН «Эволюция органического мира. Роль и влияние планетарных процессов».

## ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ ИСКОПАЕМЫХ БРАХИОПОД

А.А. Мадисон\*<sup>1</sup>, Т.В. Кузьмина<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>3</sup>Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия. \*E-mail: [moonodog@yandex.ru](mailto:moonodog@yandex.ru)

Брахиоподы - группа беспозвоночных, известная с нижнего кембрия. Их тело покрыто двустворчатой раковиной, которая хорошо сохраняется в ископаемом виде. Брахиопод делят на три подтипа, каждый из которых имеет свои особенности жизненного цикла. Современные *Craniiformea* и *Rhynchonelliformea* имеют в онтогенезе лецитотрофную личинку со щетинками, их раковина образуется после оседания. У современных *Linguliformea* жизненный цикл включает планктотрофную ювениль с раковиной. Стадии онтогенеза брахиопод фиксируются на начальных ювенильных участках раковины, которые представлены протегулюмом (формируется одновременно всей поверхностью мантии и не несет линий роста), брефической раковиной (несет слабые линии роста и имеет сходную с протегулюмом микроструктуру), неанической раковиной (сложена взрослым типом микроструктуры, взрослая скульптура отсутствует). Первично-сформированные раковины ископаемых брахиопод подробно изучены. На основе наших и литературных данных мы выделяем следующие критерии для реконструкции онтогенеза ископаемых брахиопод. У форм с планктотрофной ювенилью протегулюм и брефическая раковины значительно больше яйца, у форм с лецитотрофной личинкой их размер сопоставим с размером яйца. Первично-сформированный участок (протегулюм и брефическая раковина) у брахиопод с лецитотрофной личинкой несет рельеф, отвечающий щетинконосному мешкам, а у брахиопод с планктотрофной ювенилью такой рельеф отсутствует. Для ископаемых брахиопод с крупным протегулюмом и брефической раковиной, несущей рельеф, отвечающий щетинконосному мешкам, предполагается наличие планктотрофной личинки в онтогенезе. Этот тип раковины характеризует всех раннекембрийских лингулиформных брахиопод и среднеордовикских ортид (*Rhynchonelliformea*); следовательно, подтипы *Linguliformea* и *Rhynchonelliformea* имели в раннем палеозое одинаковый тип развития, включающий планктотрофную личинку. В обоих подтипах этот жизненный цикл исчезает к позднему ордовика и, предположительно, замещается современным типом развития. Подтип *Craniiformea*, тип онтогенеза которого считается самым примитивным среди современных брахиопод, появляется только в ордовике, причем у ордовикских краниид было как минимум два типа развития: один сопоставляется с современными краниидами, другой же по строению и размеру первично-сформированной раковины точно соответствует современным дисцинидам с плавающей ювенилью. Используемый нами комплексный подход, сочетающий биологическое и палеонтологическое направления исследований, позволяет решить имеющиеся противоречия об эволюции жизненных циклов брахиопод.

## ЗООЛОГИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

В.В. Малахов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

E-mail: [vmalakhov@inbox.ru](mailto:vmalakhov@inbox.ru)

Бурный прогресс зоологии беспозвоночных в последние десятилетия обусловлен несколькими причинами. Широкое внедрение методов молекулярной биологии в зоологию привело к тому, что для реконструкции филогенетических отношений стала использоваться не геккелевская триада (сравнительная анатомия, эмбриология, палеонтология), а эволюционная тетрада: сравнительная анатомия, эволюционная биология развития («Evo-Devo»), палеонтология и молекулярная филогенетика, причем последняя во многих случаях выходит на первое место. По существу, речь идет о том, что возникла новая, неоклассическая зоология. Необходим синтез достижений современной неоклассической зоологии для создания непротиворечивой картины эволюции животного мира и разработки естественной системы живого, которая является научной основой для изучения биологического разнообразия, его сохранения и рационального использования. Проблема изучения и сохранения биологического разнообразия переживает в последние десятилетия второе рождение, и прежде всего, - в том ее секторе, который относится к биологическому разнообразию беспозвоночных. Это связано, во-первых, с открытием новых биотопов, в которых обитают беспозвоночные с необычным строением и физиологией. Источником таких новых биотопов является ложе Мирового океана, занимающее около 60% поверхности нашей планеты, на котором таятся значительные биологические, энергетические и минеральные ресурсы. Другой источник роста биологического разнообразия беспозвоночных – использование молекулярных маркеров, которые позволили выявить пути видообразования, создать филогеографические реконструкции и выявить реальное биологическое разнообразие регионов. На этом пути открываются большие перспективы к исследованию путей формирования внутривидового разнообразия и биологических особенностей видов, естественным или искусственным путем проникших в моря Российской Федерации, в том числе ценных промысловых и культивируемых видов. Актуальной проблемой современной зоологии беспозвоночных является анализ биологического разнообразия, биологии паразитических беспозвоночных – возбудителей паразитарных заболеваний животных и человека. Новые методы зоологического исследования позволили вскрыть неизвестные ранее механизмы устойчивости паразитов к иммунному ответу хозяина и найти пути блокирования этих механизмов.

.

## ПОЛИПЛОИДНОСТЬ ПРЕДКА ЭУКАРИОТ КАК КЛЮЧ К ПОНИМАНИЮ ПРОИСХОЖДЕНИЯ МИТОЗА И МЕЙОЗА

А.В. Марков<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.<sup>2</sup>Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, г. Москва, Россия.\*E-mail: [markov\\_a@inbox.ru](mailto:markov_a@inbox.ru)

Происхождение митоза и эукариотического секса (чередования сингамии и мейоза) остается загадочным. У галофильных полиплоидных архей *Haloferax* описана система генетического обмена, которую можно интерпретировать как промежуточную между про- и эукариотическим сексом. Мы использовали компьютерное моделирование для изучения эволюционно-генетических последствий полиплоидности у амитотических прокариот и ее возможной роли в становлении митоза, мейоза и полового размножения. Моделирование показало, что в мутагенной среде полиплоидность, с одной стороны, дает прокариотам краткосрочное преимущество, с другой – способствует накоплению рецессивных вредных мутаций и повышает риск вымирания в долгосрочной перспективе. Чтобы уменьшить генетическую «цену» полиплоидности, сохранив ее преимущества, амитотические полиплоиды могут использовать несколько стратегий. Удивительным образом все они напоминают те или иные аспекты эукариотического секса. К ним относятся циклы пloidности, унификация копий генома путем генной конверсии, интенсивный горизонтальный перенос генов между родственниками, обмен целыми хромосомами в сочетании с гомологичной рекомбинацией (кроссинговером), а также эволюция механизма точного распределения хромосом между дочерними клетками (митоза). Приобретение митоза амитотическими полиплоидами неизбежно ведет к быстрой диверсификации и специализации хромосом, что в итоге превращает полиплоидную клетку в функционально моноплоидную, с множеством уникальных, высоко избыточных хромосом. При этом выработанные ранее способы случайного хромосомного обмена и рекомбинации «устаревают». Возникает необходимость развития механизмов спаривания только очень похожих (гомологичных) хромосом, что в конечном итоге приводит к появлению мейоза. Митоз и ранние версии эукариотического секса могли развиваться у предковых амитотических, полиплоидных прото-эукариот в мутагенных условиях раннепротерозойских мелководных микробных сообществ. Процесс предположительно включал три этапа: (1) развитие интенсивного генетического обмена между родственными клетками; (2) приобретение митоза, за которым последовала диверсификация и специализация хромосом; (3) приобретение мейоза. Гипотеза объясняет несколько ключевых особенностей эукариот, до сих пор остававшихся загадочными, в том числе множественные линейные хромосомы, высокий уровень генетической избыточности и быстрое появление новых генных семейств на заре эволюции эукариот, выявленное сравнительной геномикой. К числу фактов, согласующихся с гипотезой, относится недавно обнаруженная корреляция между полиплоидностью и наличием гистонов у архей.

УПОРЯДОЧЕННОСТЬ И ПРОТЯЖЕННОСТЬ ТЕЧЕНИЙ ГИДРОПЛАЗМЫ В КОЛОНИАЛЬНОМ ГИДРОИДЕ *DYNAMENA PUMILA* (L., 1758)

Н.Н. Марфенин\*, В.С.Дементьев

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [marf47@mail.ru](mailto:marf47@mail.ru)

Упорядоченность и протяжённость перемещения гидроплазмы у колониальных гидроида отражает степень их организменной интеграции. В колониях гидроида *D.pumila* (L., 1758), выращенных на предметных стеклах, изучено перемещение пищевых частиц в столонах двумя методами. Во-первых, с помощью непосредственного визуального ежеминутного сканирования под микроскопом направления перемещения гидроплазмы по всем модулям основного столона в колониях, выращенных на стёклах. Во-вторых, методом цейтраферной микровидеорегистрации в течение двух часов в каждом модуле столона последовательно. Величина небольших колоний не превышала восьми модулей столона. Методом визуального сканирования установлено, что гидроплазматические течения (ГПТ) могут быть однонаправленными и непрерывными на протяжении всего столона или большей его части. Такие ГПТ возникают периодически с интервалом от 12 до 20 мин в зависимости от температуры воды и продолжаются не более четырёх минут. В остальное время протяжённое перемещение частиц в столоне отсутствует либо представлено короткими ГПТ в пределах одного-трёх модулей, направленных как к верхушке столона, так и от неё. Регулярное возникновение однонаправленных протяжённых ГПТ означает, что возможен быстрый перенос пищевых частиц из центра колонии на периферию к зонам ее роста. Видеорегистрация в одном месте на протяжении двух часов позволила рассчитать протяжённость периодических однонаправленных ГПТ на периферию колонии (магистральные ГПТ) и от неё к самой старой части колонии (компенсаторные ГПТ). Оказалось, что и те, и другие однонаправленные ГПТ проходят за один акт всего один-два модуля столона. Очевидное логическое противоречие между результатами исследования первым и вторым методами может быть устранено, если следовать изложенной ранее концепции о последовательном (цепном) участии в генерации ГПТ побегами, отходящими от столона. Такой тип формирования протяжённого ГПТ из локальных был также назван эстафетным. Следовательно, изученная нами распределительная система, несмотря на ее примитивность и нецентрализованность, вполне справляется с задачей перемещения пищевых частиц через всю колонию, а приведённые результаты исследования могут быть использованы для определения механизма нецентрализованной интеграции колонии.

ДИСТАЛЬНЫЙ ПУЛЬСАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС У КОЛОНИАЛЬНОГО ГИДРОИДА *GONOTHYRAEA LOVENI* (ALLMAN, 1859)

Н.Н. Марфенин\*, В.С. Дементьев, В.В. Кожара

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [marf47@mail.ru](mailto:marf47@mail.ru)

Перемещение гидроплазмы в гастроваскулярной полости колонии у многих гидроидов вызывается пульсациями ценосарка и гидрантов. За счёт изменения просвета ценосарка – латеральных пульсаций (ЛП) – возникают гидроплазматические течения. Известно, что терминальные участки столонов и побегов пульсируют с наибольшей амплитудой по сравнению с остальным ценосарком. Для того, чтобы установить протяжённость и степень преобладания пульсаций в дистальной части столона над проксимальной, мы провели исследование гидроида *G. loveni*, используя два метода: гистологический анализ полутонких срезов и цейтраферную микровидеосъёмку. С помощью видеосъёмки была определена амплитуда ЛП по модулям столона (участок между соседними побегами), а на сериях поперечных срезов столонов были определены значения поверхности просвета в фазах максимума и минимума ЛП по аналогичным модулям. Это позволило для шести дистальных модулей столона вычислить объёмы гидроплазмы, вытесняемой во время сжатия или поступающей при расширении. При сравнении результатов, полученных двумя методами, установлено, что основную роль в перемещении гидроплазмы играет дистальный участок столона, включающий два модуля и формирующийся модуль между верхушкой роста и самым молодым побегом, который мы назвали «дистальным пульсаторным комплексом» (ДПК). За пределами дистального комплекса ЛП незначительны. Сам ДПК может быть подразделен на несколько взаимодополняющих морфофункциональных зон: терминальную зону продольных ростовых пульсаций, зону дорзо-вентральных ЛП (перпендикулярных субстрату) и зону радиальных ЛП – примерно одинаковых во все стороны трубковидного ценосарка. Расчёты показывают, что рабочий объём, т.е. разность объёмов между максимально расширенным и максимально сжатым состоянием ДПК, достаточен для перемещения гидроплазмы на протяжении нескольких междоузлий. Для доставки пищевых частиц к верхушкам роста основное значение имеет значительная растяжимость стенок ценосарка в ДПК в фазе релаксации.

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕАЛИЗАЦИИ СЕГМЕНТИРОВАННОГО ПЛАНА СТРОЕНИЯ В ХОДЕ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ПОЛИХЕТЫ *ALITTA VIRENS*

А.Г. Мелентий\*, Р.П. Костюченко, В.В. Козин

Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

\*E-mail: [alexandermelentiy@gmail.com](mailto:alexandermelentiy@gmail.com)

Среди высокоорганизованных билатеральных животных одними из наиболее сильных регенеративных потенций обладают кольчатые черви. У некоторых полихет даже в естественных условиях встречается восстановление целостной структуры тела всего из нескольких сегментов. Изучению проблемы регенерации и сегментации сейчас уделяется достаточно большое внимание, поскольку это представляет огромный интерес для разрешения многих фундаментальных и прикладных вопросов биологии развития. Несмотря на то, что некоторые физиологические и анатомические аспекты регенерации у полихет, а в частности нереид, уже описаны, до сих пор практически неизвестными остаются конкретные молекулярные и клеточные события восстановительного морфогенеза и сегментации. Именно поэтому *Alitta virens* и является интересным объектом для исследования. Очевидно, что во время регенерации, клетки, формирующие границы сегментов получают позиционную информацию с помощью каких-то морфогенетических механизмов, например, сигналинга. Показано, что сигнальный путь Wnt принимает участие во многих биологических процессах, таких как закладка осей тела на этапах раннего эмбрионального развития, регуляция органогенеза, регенерация и сегментация. Участие генов *wnt* в процессе регенерации показано у губок, кишечнополостных, плоских и кольчатых червей, асцидий и амфибий. У аннелид, членистоногих и позвоночных животных выявлено участие гомологов *wnt* в процессе сегментации. Ген *engrailed* является мишенью сигнального пути Wnt и у билатеральных животных задействован в таких этапах эмбрионального развития, как формирование нервной системы и развитие конечностей. Показано, что у артропод он участвует в установлении границ сегментов. Учитывая факт консерватизма генов сегментации у насекомых и самого метамерного паттерна экспрессии у первичноротых, интереснейшим вопросом является роль гомологичных молекулярно-генетических факторов у изучаемого нами объекта. В ходе данной работы показана активность гомологов генов сегментации *wnt1* и *engrailed* в формирующихся сегментах в ходе постларвального роста *A. virens* и при посттравматической регенерации. Экспрессия *engrailed* отмечена уже через несколько часов после ампутации и совместно с экспрессией *wnt1* формирует предпосылки для разметки новой метамерной организации заднего конца. Надежность наших результатов подтверждается использованием нескольких фармакологических агентов с различными мишенями сигнального пути Wnt, а также комплементарностью их эффекта.

Работа выполнена на базе морской биологической станции СПбГУ (УНБ «Беломорская») при поддержке гранта РФФИ 18-04-01135.

# ПРЯМОЙ КОНТАКТ ПАРАЗИТА С НЕРВНОЙ СИСТЕМОЙ ХОЗЯИНА КАК ОДИН ИЗ АСПЕКТОВ ПАРАЗИТО-ХОЗЯИИНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА ПРИМЕРЕ КОРНЕГОЛОВЫХ РАКООБРАЗНЫХ (CIRRIPEDIA: RHIZOCERPHALA) И ИХ ХОЗЯЕВ (CRUSTACEA: DECAPODA)

А.А. Миролубов\*<sup>1</sup>, А.Д. Лянгузова<sup>2</sup>, С.А. Илюткин<sup>2</sup>, М.А. Нестеренко<sup>2</sup>, А.А. Добровольский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. <sup>2</sup>Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия. \*E-mail: [aal\\_mirol@inbox.ru](mailto:aal_mirol@inbox.ru)

Корнеголовые ракообразные - высокоспециализированная группа паразитических раков. Одной из адаптаций к паразитизму является их способность изменять физиологический статус и поведение хозяина. Однако до сих пор не известны механизмы этого воздействия. В данной работе были исследованы представители двух семейств корнеголовых ракообразных: Sacculinidae: *Polyascus polygenea* и *Sacculina pilosella*, Peltogastridae: *Peltogaster paguri* и *Peltogastrella gracilis*. С помощью гистологических методов, ТЕМ и CLSM нам удалось обнаружить места непосредственного контакта паразита с центральной нервной системой хозяина. Столоны паразита проникают под оболочку ганглиев брюшной нервной цепочки хозяина и внедряются в нервную ткань. При этом значительно изменяется как общая морфология, так и тканевая структура и ультраструктура этих столонов по сравнению с обычными трофическими столонами. Некоторые различия в строении и ультраструктуре столонов наблюдаются и между разными видами корнеголовых раков. Однако, несмотря на некоторые различия в строении этих структур у разных видов, мы предполагаем, что они выполняют схожую функцию. Ультраструктура клеток и кутикулы столонов, располагающихся в нервной ткани, указывают на крайне высокий уровень метаболической активности и транспорта веществ. Мы предполагаем, что данные столоны играют значительную роль в регуляции взаимодействия между паразитом и хозяином. Вероятно, именно с помощью этих видоизменённых столонов паразит напрямую воздействует на нервную систему хозяина, что, в свою очередь, приводит к изменению уровня нейросекреторных гормонов и поведения зараженного хозяина.

Данное исследование проведено в рамках проекта РФФИ № 18-34-00727 мол\_а.

# ПОЧЕМУ ПАРАЗИТЫ ЖИВУТ ГРУППАМИ: ПОТРЕБНОСТЬ В КООПЕРАЦИИ ИЛИ БРЕШИ В ОБОРОНЕ ХОЗЯЕВ?

В.Н. Михеев\*<sup>1</sup>, А.Ф. Пастернак<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия.

<sup>2</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [vicnikmik@gmail.com](mailto:vicnikmik@gmail.com)

Групповой образ жизни и агрегированное распределение в пространстве свойственно многим свободноживущим животным. Роль агрегированности в защите от хищников, пищевом и репродуктивном поведении, миграциях хорошо исследована как в водных, так и наземных экосистемах. Для большинства паразитов также характерна агрегированность (“к” в отрицательном биномиальном распределении  $<1$ ) – она обнаружена у всех, кроме одного, из 270 хорошо изученных макропаразитов (Shaw, Dobson, 1995). Что дает агрегированное распределение макропаразитам и с чем оно связано? Разную зараженность хозяев обычно объясняют их индивидуальными различиями в иммунной защите, но иммунитет, как правило, лучше защищает от микропаразитов. В агрегированном распределении, вероятно, в большей степени заинтересованы сами паразиты, т.к. от него может зависеть успех трансмиссии и устойчивость системы «паразит-хозяин». Мы изучали поведение моноксенных (эктопаразитические ракообразные р. *Argulus*) и гетероксенных (трематоды *Diplostomum pseudospathaceum*) паразитов и их хозяев (молодь лососевых рыб), влияющее на успех заражения, и распределение паразитов по хозяевам. Расселение паразитов в воде (вязкая среда!) сравнительно мало зависит от их локомоции и ориентации, хотя у аргулюсов сложно организованное поведение играет большую роль при поиске хозяев и расселении. Расселительные стадии трематод – церкарии – очень слабые пловцы, но они могут компенсировать этот недостаток за счет манипулирования поведением хозяев. Манипулирование поведением рыб (второй промежуточный хозяин) как незрелыми, так и готовыми к заражению метацеркариями происходит более успешно с увеличением численности инфрапопуляции паразита в глазах хозяина. Образованию агрегаций в отдельных рыбах, вероятно, способствует повышение вентиляционной активности рыб при проникновении в них первых паразитов. Поведение хозяев могут менять и моноксенные аргулюсы – в результате их воздействия на рыб снижается двигательная активность и повышается плотность стаи хозяина, что облегчает поиск хозяина и формирование агрегаций. В агрегациях паразиты легче находят полового партнера. Что, кроме иммунитета, могут противопоставить хозяева своим назойливым и изобретательным компаньонам? Мы обнаружили, что групповой образ жизни хозяев скорее, чем индивидуальная защита, помогает им минимизировать ущерб.

Исследования выполнены при поддержке грантов РФФИ 17-04-00247 и 16-04-00064.

## БУККАЛЬНОЕ ВООРУЖЕНИЕ ГОЛОЖАБЕРНЫХ МОЛЛЮСКОВ: ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ

А.Л. Михлина<sup>1,2</sup>, И.А. Екимова<sup>1,3</sup>, Е.Д. Никитенко<sup>1</sup>, Е.В. Ворцепнева<sup>1</sup>, А.Б. Цетлин<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.<sup>2</sup>Беломорская биологическая станция им. Н.А. Перцова, г. Москва, Россия. <sup>3</sup>Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия. \*E-mail: [mikhleanna@gmail.com](mailto:mikhleanna@gmail.com)

Общее строение буккального вооружения голожаберных моллюсков хорошо изучено, так как представляет особый интерес в таксономических исследованиях в связи с отсутствием традиционных твердых структур, таких как раковина или оперкулум. Однако, внимание исследователей зачастую обходит стороной функциональное значение буккального вооружения, поэтому данные по этой проблеме неполны и разрозненны. Нами были проведены исследования общей и тонкой морфологии буккального вооружения нескольких видов голожаберных моллюсков из Белого и Японского морей. В ходе исследования мы применяли методы световой, лазерной конфокальной, сканирующей и трансмиссионной электронной микроскопии. Также были построены трехмерные реконструкции буккального комплекса органов по серии полутонких срезов. Для голожаберных моллюсков, питающихся губками, характерно большое количество крючковидных зубов в поперечном ряду. У хищных голожаберных моллюсков наблюдаются две тенденции в строении радулы: усиление рахидального зуба при слабых или отсутствующих латеральных или же усиление латеральных зубов при слабо развитом или вовсе отсутствующем рахидальном зубе. В ходе развития пищевые предпочтения моллюска могут меняться. При этом наблюдается изменение пропорций как радулярных зубов, так и зубчиков на них. У моллюсков с неизменяющимися в ходе постларвального онтогенеза пищевыми предпочтениями, таких преобразований не происходит. Помимо этого, при сравнении полученных нами данных с литературными, оказалось, что общий план строения буккального вооружения (форма челюстей, общая форма зубов) остается схожим внутри крупной таксономической группы. Отличия, связанные с различным функционированием (и разными пищевыми объектами), касаются лишь небольших деталей строения жевательных отростков челюстей и зубов радулы.

Исследование было проведено при поддержке гранта РФФИ №18-34-00251.

## НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГУБКАМ (PORIFERA) ЦЕНТРАЛЬНЫХ МОРЕЙ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Г.С. Морозов\*<sup>1</sup>, Р.М. Сабилов<sup>1</sup>, О.Л. Зимина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия. <sup>2</sup>Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук, г. Мурманск, Россия. \*E-mail: [gs.morozov@yandex.ru](mailto:gs.morozov@yandex.ru)

Фауна губок арктических морей изучена крайне неравномерно. Последние комплексные исследования спонгиозной фауны в Арктике, если не считать Баренцева моря, проводились лишь в 1959-1967 гг. В настоящей работе приводятся новые данные по материалам сборов ММБИ КНЦ РАН на НИС «Дальние Зеленцы» в 2014 г. в морях Лаптевых (56 станции, губки отмечены на 22) и Восточно-Сибирском (соответственно, 24 и 16). Особенности строения скелетной структуры изучены с помощью исследовательского микроскопа Axio Imager 2, морфология спикул – на растровом электронном микроскопе Hitachi TM-1000, их морфометрия - цифровой окулярной камерой MDC560. Всего обнаружено 26 видов губок. Часть видов отмечена для района исследований впервые: *Mycale helios*, *Tetilla sandalina*, *Halichondria oblonga*, *Polymastia rara*, *Lycopodina cupressiformis* и *Pseudosuberites montiniger*. Описаны три новых вида. Первые два, *Artemisina lundbecki* sp. nov. и *Iophon koltuni* sp. nov., выделены на основе морфометрических показателей скелетных элементов. От известных к настоящему моменту представителей рода первый вид отличается наличием небольших шипов на базальных концах стилей основного скелета, второй – новой оригинальной формой бипоцилл. Третий новый вид *Suberites cebriones* sp. nov. отличается от описанного ранее *S. montalbidus* Carter 1880 архитектурой скелета: у *S. montalbidus* микросклеры обнаруживаются лишь в тонком поверхностном кортикальном слое, а у *S. cebriones* sp. nov. они так же заполняют все свободные пространства и во внутренних тканях. В целом, район исследования с его суровыми условиями, характеризуется преобладанием в фауне бореально-арктических форм, главным образом североатлантического происхождения. Однако подавляющая их часть (около 40% отмеченных видов) представляет очевидно комплекс вторично-арктических видов. Представители этой группы видов безусловно связаны тесным родством с Североатлантической фауной, однако в ходе событий Четвертичного оледенения оказались изолированы от последней и далее продолжили развиваться независимо. Подобное явление экологической викариации известно также для других групп арктической фауны.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, в рамках научного проекта № 18-34-00079.

## ВАРИАНТ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОРСКИХ ПАУКОВ (ARTHROPODA: PYCNOGONIDA)

Е.И. Мясникова\*, Р.М. Зелеев

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: [zhenia412@mail.ru](mailto:zhenia412@mail.ru)

Морские Пауки (пикногониды) – класс морских свободноживущих членистоногих. Его относят к подтипу Chelicerata на основании сходств ряда морфологических признаков. У пикногонид есть уникальные черты биологии, а также внешнего (особый хоботок и 3 пары специализированных, в сочетании с парой ходильных конечностей на головном сегменте, половые отверстия на вторых члениках сильно удлинённых ходильных ног) и внутреннего строения (в связи с малыми размерами туловища, ряд органов расположен в ходильных ногах). Это делает их положение в системе членистоногих неопределённым (таксон категории *incertae sedis*). В 1930 году В.М. Шимкевичем предложена система семейств и родов пикногонид с комбинациями числа члеников первых трёх пар конечностей. Выявляемый эффект «гомологических рядов» позволил предсказать ещё не найденные формы (некоторые впоследствии обнаружены). Визуализированная нами система класса представляет собой трёхмерную (для удобства восприятия) таблицу, на осях которой отложены численные значения трёх указанных В.М. Шимкевичем признаков, с учётом ведущей у артропод тенденции к олигомеризации. Синонимизация названий и сравнительный анализ содержания семейств и родов позволили сохранить преемственность с системой В.М. Шимкевича. Выявились закономерности системы этого таксона: большинство родов расположилось на двух гранях таксономического «пространства Шимкевича», а основной вектор эволюции направлен в сторону групп с меньшим числом члеников конечностей. Ядро разнообразия образуют рода с выраженными хелифорами и пальпами, и с максимально развитыми овигерами, что свидетельствует о тенденции к хищничеству и заботе о потомстве. Число половых отверстий редуцируется параллельно значениям системообразующих признаков от плезио- к апоморфному полюсу системы. Полученная система включает известные рода пикногонид вместе с вымершими формами, отличающимися от рецентных особенностями тагмозиса. Детализация выявленной системы пикногонид предполагает «распаковку» ячеек используемого таксономического пространства со сгущениями родов-биоизотопов в новых признаковых комбинациях, для их пространственного разделения. Возможно также свёртывание «пространства Шимкевича» для включения пикногонид в систему вмещающих таксонов, например, Chelicerata. Оба направления предполагают расширение спектра используемых признаков, учёт особенностей онтогенеза и анализа новых находок рецентных и вымерших форм. Всё это предполагает возможность пересмотра и совершенствования сложившейся системы таксона.

# СЛОЖНЫЙ ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ: МНОЖЕСТВО ФЕНОТИПОВ НА БАЗЕ ОДНОГО ГЕНОМА

М.А. Нестеренко<sup>\*1</sup>, В.В. Старунов<sup>1,2</sup>, С.В. Щенков<sup>1,3</sup>, А.А. Добровольский<sup>1</sup>, К.В. Халтурин<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

<sup>2</sup>Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. <sup>3</sup>Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь, Россия. <sup>4</sup>Институт науки и технологий Окинавы, Окинава, Япония. \*E-mail: [maxnest@ro.ru](mailto:maxnest@ro.ru)

Наличие сложного жизненного цикла с закономерным и последовательным чередованием нескольких различающихся половых поколений (гетерогония) является одной из ключевых особенностей трематод. Молекулярные аспекты «сосуществования» на базе единого генома фенотипов нескольких поколений и фаз цикла остаются практически неизученными. В качестве объектов исследования были выбраны редии, церкарии и мариты трематод *Sphaeridiotrema pseudoglobulus* (McLaughlin, Scott, Huffman, 1993) и *Psilotrema simillimum* (Mühling, 1898) (Trematoda: Psilostomatidae). Секвенирование транскриптомов было произведено на платформе Illumina HiSeq 2500. Ассемблирование библиотек прочтений осуществляли *de novo* с использованием разных программ (Trinity, TransABySS, SOAPdenovo-Trans) и длин k-мера, с последующей кластеризацией собранных фрагментов. Дальнейший анализ транскриптомов заключался в оценке качества и полноты их сборки, аннотации последовательностей, поиске схожих последовательностей у разных видов, определении уровней экспрессии генов, сравнении структур транскриптомов и построении модулей ко-экспрессии генов. Биоинформатический анализ данных позволил: 1) показать значительные различия по наборам активных генов между фазами одного цикла как для *S.pseudoglobulus*, так и *P. simillimum*; 2) выявить сходство соответствующих фаз обоих исследуемых видов по спискам «ассоциированных» с образцами генов; 3) обнаружить корреляцию ко-экспрессии групп генов с фенотипическими признаками «фаза» и «поколение» жизненного цикла, «видовая принадлежность» и «образ жизни». Полученные в ходе исследования результаты позволяют предположить, что формирование молекулярных фенотипов фаз жизненного цикла трематод осуществляется как путем активации специфичных для фаз генов, так и изменением уровня экспрессии последовательностей, активных не нескольких фазах цикла паразита. Научная работа была выполнена на базе ресурсов научного парка Санкт-Петербургского государственного университета в ресурсных центрах «Центр Биобанк», «Развитие молекулярных и клеточных технологий», «Вычислительный центр СПбГУ» и «Культивирование микроорганизмов».

Исследование поддержано грантом МК-2105.2017.4

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗВЕСТКОВЫХ ГУБОК  
ОТ ГЕККЕЛЯ ДО НАШИХ ДНЕЙ

Е.А. Нефедова

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: [k\\_nefedova@inbox.ru](mailto:k_nefedova@inbox.ru)

В истории классификации известковых губок существовало три подхода. Первая система *Calcareia* была разработана Геккелем (Haeckel, 1872). Ключевым признаком, по которому он разделил класс на три отряда, был тип организации водоносной системы: *аскон*, *сикон* или *лейкон*. Второй вариант системы известковых губок был предложен Ленденфельдом (Lendenfeld, 1885) и опирался на признак однородности или неоднородности выстилки парагастральной полости — *гомоцельность* и *гетероцельность*. К гомоцельным губкам были отнесены все асконоидные, а к гетероцельным — сиконоидные и лейконоидные. Работая с асконоидными известковыми губками в аквариальной Зоологического института, мы заметили, что некоторые из них несут признаки гетероцельности. Обратившись к литературе, мы обнаружили, что уже в работах Геккеля описаны асконоидные губки с пинакоцитной выстилкой некоторых участков парагастральной полости. Третий вариант системы опубликован Биддером (Bidder, 1898), выделившим два отряда на основании положения ядра в хоаноците: у *Calcinea* ядро расположено базально, у *Calcaronea* — ассоциировано с жгутиком. Это система не была принята современниками. На протяжении XX века общепризнанной была система, совмещавшая признаки Ленденфельда и Геккеля (Dendy, Row, 1913), несмотря на более поздние ревизии Хартмана (Hartman, 1958) и Бёртона (Burton, 1972). Дальнейшие исследования показали, что положение ядра хоаноцита коррелирует с типом личинки и формой спикул. В ревизиях конца XX века триада этих признаков выходит на первый план. Согласно представлениям Бороевича (Borojevic *et al.*, 1990, 2000), апикальное или базальное положение ядра в хоаноците — признак более высокого ранга, а строение водоносной системы и выстилки парагастральной полости упоминаются только в контексте построения морфологических рядов. И действительно, трудно представить, что под влиянием гистологической дифференциации или общей морфологии колонии могла измениться такая черта, как положение ядра в клетке. Разумнее предположить, что геккелевские переходы аскона в сикон и лейкон, реализовались в обоих подклассах Биддера. Кроме того, таксономические построения Бороевича отчасти подтверждаются молекулярно-генетическими исследованиями его последователей (Manuel *et al.*, 2003; Klautau *et al.*, 2013; Azavedo *et al.*, 2015).

ПРОЦЕССЫ РЕГЕНЕРАЦИИ И ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГОНАД У *ENCHYTRAEUS CORONATUS* (ENCHYTRAEIDAE, OLIGOCHAETA)

Д.Д. Никанорова\*, Р.П. Костюченко

Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

\*E-mail: [dasha\\_nikanorova@mail.ru](mailto:dasha_nikanorova@mail.ru)

Способность к регенерации широко представлена среди кольчатых червей. При этом механизмы регенерации могут сильно варьировать как в пределах всего таксона Annelida, так и среди близкородственных видов. В частности, представители рода *Enchytraeus* используют разные стратегии, демонстрируя принципиальные отличия в выборе того или иного клеточного источника восстановления утраченных частей тела. Известно, что наличие мультипотентных стволовых клеток типа «необластов» коррелирует у некоторых олигохет рода *Enchytraeus* со способностью к бесполому размножению. Тем не менее, многие виды *Enchytraeus* демонстрируют высокие регенеративные потенции, несмотря на отсутствие у них этой клеточной популяции и способности к бесполому размножению. Изучение объекта *Enchytraeus coronatus*, регенеративные способности которого ранее описаны не были, имеет целью пополнить имеющиеся представления о механизмах и возможных клеточных источниках регенерации у олигохет рода *Enchytraeus*. Исследование проводили методами микрохирургии, мечения ядер делящихся клеток предшественником ДНК EdU, а также методом серийных полутонких срезов. Было установлено, что червь *Enchytraeus coronatus* способен к восстановлению утраченных переднего и заднего концов тела преимущественно по типу эпиморфоза. В состав регенерата входят клетки производных всех трех зародышевых листков. Кроме того, впервые для представителя рода *Enchytraeus*, размножающегося исключительно половым путем, нами было описано восстановление функционирующих гонад в ходе задней регенерации. При этом восстановления утраченных гонад в ходе передней регенерации не происходит. Этот аспект поднимает вопрос о поддержании или становлении de novo линии первичных половых клеток в ходе регенерации – процесса, обеспечиваемого соматическими клетками, но регион-специфично вдоль переднезадней оси.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №16-04-00991-а и 18-34-00962 - мол-а с использованием оборудования РЦ РМиКТ СПбГУ.

# СПИКУЛЬНЫЙ АППАРАТ ГОЛОЖАБЕРНЫХ МОЛЛЮСКОВ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА ONCHIDORIDAE (MOLLUSCA, NUDIBRANCHIA, DORIDACEA)

Е.Д. Никитенко\*, Е.В. Ворцепнева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [nikitenkocatia@yandex.ru](mailto:nikitenkocatia@yandex.ru)

Doridacea — широко распространенный подотряд голожаберных моллюсков (Nudibranchia, Gastropoda). Дориды, как и все представители голожаберных лишены раковины, однако в процессе эволюции они приобрели спикулы — структуры, функционально заменяющие ее. Строение спикульного аппарата изучено фрагментарно. В данной работе рассматриваются спикульные аппараты некоторых представителей сем. Onchidoridae Кандалакшского залива Белого моря с целью детализации его описания и сравнения внутри семейства. Сбор материала производился в летний период 2016-2018 гг. в Кандалакшском заливе в окрестностях Беломорской биологической станции им. Н.А.Перцова. В работе применялись классические методы световой и электронной микроскопии. В результате наших исследований для представителей сем. Onchidoridae описан крайне схожий тип строения спикульного аппарата, однако найдены и существенные различия, что может говорить об отсутствии общего плана строения спикульных аппаратов моллюсков внутри семейств.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-34-00251.

# НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ДИАПАУЗЫ ПРЕСНОВОДНЫХ ГАРПАКТИКОИД (COPEPODA, HARPACTICOIDA) В ПОЛНОСТЬЮ ПРОМЕРЗАЮЩИХ ТУНДРОВЫХ ВОДОЕМАХ ДЕЛЬТЫ Р. ЛЕНЫ

А.А. Новиков<sup>\*1</sup>, Е.Н. Абрамова<sup>2</sup>, Р.М. Сабиров<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия. <sup>2</sup>Государственный природный заповедник «Усть-Ленский», пос. Тикси, Россия. \*E-mail: [aleksandr-novikov-2011@list.ru](mailto:aleksandr-novikov-2011@list.ru)

Диапауза в жизненном цикле пресноводных арктических беспозвоночных - это возможность пережить суровые зимние условия и синхронизировать периоды роста и размножения с короткими периодами благоприятных температурных и кормовых условий летом. Среди пресноводных Copepoda эмбриональная диапауза наиболее характерна для отряда Calanoida. Личиночная диапауза широко распространена среди Cyclopoida. Для наименее изученного отряда Harpacticoida описаны эмбриональная диапауза и диапауза на стадии взрослых особей, когда находящиеся в состоянии покоя самки образуют защитные цисты (Donner 1928, Боруцкий, 1952). У видов из семейства Canthocamptidae были выделены три подтипа имагинальной диапаузы: а) когда взрослые самки переходят в состояние покоя до копуляции; б) на стадии оплодотворенной самки; в) в состоянии покоя находятся самки с яйцевыми мешками (Alekseev et. al., 2007). В мелких водоемах дельты р. Лены нами найдено 13 видов гарпактикоид, 7 из которых являются новыми для района исследований. Для изучения их жизненных циклов в апреле-мае 2016-2018 гг. из полностью промерзших водоемов были взяты керны льда длиной от 24 до 104 см, включая мерзлый донный осадок. Лед таяли в холодильнике при температуре +2°C. В талой воде обнаружены взрослые особи трех видов из семейства Canthocamptidae без каких-либо защитных капсул.: *Canthocamptus glacialis* (Lill., 1902), *Moraria duthiei* (Scott, 1896) и *Moraria mrazeki* (Scott, 1903). Среди самок были представлены все виды имагинальной диапаузы: а) взрослые неоплодотворенные самки; б) оплодотворенные самки, несущие сперматофоры и в) самки *C. glacialis* с яйцевыми мешками. Кроме взрослых особей, в талой воде присутствовали науплиальные и IV-V копеподитные стадии Harpacticoida. Полученные данные позволяют предположить наличие у представителей этого отряда также личиночной диапаузы, не описанной ранее. В конце мая, в оттаивающих водоемах, где ранее были взяты керны льда, мы обнаружили особей в процессе спаривания и самок с яйцевыми мешками трех вышеперечисленных видов, а также *Bryocamptus vej dovskyi* (Mrazek, 1893) и *Neomrazekiella nordenskioldi* (Lill., 1902), взрослые стадии которых не были встречены в пробах льда. Возможно, эти виды перезимовывают на личиночных стадиях.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ГОЛОПЕЛАГИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕДУЗЫ *AGLANTHA DIGITALE*Б.В. Осадченко\*<sup>1</sup>, Ю.А. Краус<sup>1,2</sup>, И.А. Косевич<sup>1</sup><sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, г. Москва, Россия. \*E-mail: [golovahobot@gmail.com](mailto:golovahobot@gmail.com)

Многие представители гидроидных, как и других групп, относящихся к Medusozoa, имеют сложный жизненный цикл, в котором бесполое полипоидное поколение, развивающееся из осевшей личинки-планулы даёт начало медузам, активно передвигающимся в толще воды и разбрасывающим гаметы. Развитие медузоидной почки на теле гидроидного полипа происходит с обособлением энтокодона – особой ткани, происходящей из эктодермы, и дающей начало структурам медузы, имеющим поперечно-полосатую мускулатуру. Жизненный цикл *Aglantha digitale* (Trachylina) отличается от приведённой выше схемы – её медуза развивается напрямую из планулы. Такая планула состоит из малого (порядка ста) количества клеток. Мультицилиарные клетки эктодермы покрывают сильно вакуолизированные клетки эндодермы, выстроенные в линию вдоль орально-аборальной оси. Вскоре планула превращается в актинулоидную личинку, имеющую манубриум, щупальца и статоцисты. Гастральная полость образуется за счёт деления эндодермальных клеток. На такой стадии различима крупная кольцевидная эктодермальная зона роста, которая сложена из i-клеток и окружает небольшой участок аборального эпителия. Такая личинка растёт, живя и питаясь в планктоне, количество её щупалец увеличивается. Метаморфоз актинулоидной личинки начинается с образования кольцевой складки вокруг манубриума, походящей на воротник – зачатка велума будущей медузы. Внутренняя часть этой кольцевой складки имеет восемь вершин и соответствует субумбрелле. Складка становится глубже и пережимает гастральную полость в восьми местах, а оставшееся пространство превращается в каналы гастроваскулярной системы. В процессе метаморфоза сильно изменяются соотношения частей актинулоидной личинки. Так, например, зона роста соответствует узкому краю колокола, тогда как некогда маленький участок аборального эпителия превращается в большую по площади эксумбреллу. Иными словами, зачатки всех органов взрослой медузы имеются уже у актинулоидной личинки – в процессе развития она «обрастает» себя колоколом. Такой метаморфоз сильно отличается от развития типичной медузоидной почки, но кольцевая складка вокруг манубриума *A. digitale* может рассматриваться в качестве аналога (если не гомолога) энтокодона.

# НАРУШАЯ ПРАВИЛА: ЭВОЛЮЦИЯ ПАРАДОКСАЛЬНОЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СТРАТЕГИИ У ФОРОНИД

Е.Н. Темерева<sup>1</sup> А.Н. Островский\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

\*E-mail: [aan\\_univer@yahoo.com](mailto:aan_univer@yahoo.com)

Подавляющее большинство Metazoa характеризуется одной из двух контрастных репродуктивных стратегий, предполагающих наличие многочисленного или, наоборот, малочисленного потомства и отсутствия или наличия заботы о нем, соответственно. Так называемые «смешанные» стратегии, характеризующиеся наличием признаков двух основных стратегий, рассматриваются как редкие эволюционные «головоломки», возникшие как результат пластичности развития под действием отбора в определенных условиях. Исследования одной из самых мелких из известных форонид *Phoronis embryolabi* показали наличие у нее парадоксальной репродуктивной стратегии, сочетающей формирование многочисленных мелких яиц и наличие планктотрофной личинки, с живорождением и экстраэмбриональным питанием (матротрофией). Были получены ультраструктурные свидетельства наличия четырех типов матротрофии – абсорботрофии, пиноцитоза, гистофагии, а также, впервые для личинок многоклеточных, фагоцитоза, осуществляемого эпидермальными клетками личинки, развивающейся в полости тела родительского организма. Такое «гиперматротрофное» живорождение, сопровождаемое выметом тысяч планктотрофных личинок, является уникальным и указывает на возможность баланса между вкладом энергии в общую продуктивность и заботу о потомстве, а также между экстраэмбриональным и планктотрофным питанием. В целом, тип Phoronida, таксономически являющийся одним из самых маленьких типов животных и на настоящий момент включающий всего около 15 видов, демонстрирует крайне высокую эволюционную пластичность репродукции. У форонид можно выделить три репродуктивные стратегии и шесть различных репродуктивных паттернов. Филогенетические взаимоотношения в пределах типа позволяют предположить наличие еще двух, до сих пор неизвестных, паттернов (и видов).

Исследование поддержано Российским научным фондом (грант 18-14-00082).

РЕГЕНЕРАЦИЯ ХОДИЛЬНЫХ НОГ У МОРСКОГО ПАУКА *NYMPHON BREVIROSTRE* HODGE, 1863 (PYCNOGONIDA)

М.А. Петрова\*, Е.В. Богомолова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [mashkaromashka225@gmail.com](mailto:mashkaromashka225@gmail.com)

Пикногониды – древняя группа морских хелицеровых. Одной из ярких особенностей морских пауков являются длинные ходильные ноги, которые составляют большую часть объема тела, содержат отростки средней кишки и гонад и несут гонопоры. В природе часто встречаются особи с ампутированными и регенерирующими ногами. В данной работе экспериментально изучается процесс регенерации ходильных ног у *Nymphon brevirostre* Hodge, 1863. Ювенильные и взрослые особи *N. brevirostre* способны к автотомии. Ноги ампутруются по суставу между первой и второй коксами. Место повреждения закрывается складками сочленовной мембраны, через некоторое время формируется тромб, под которым смыкается эпидермис. Мышцы в туловищном отростке и коксе ампутированной конечности полностью рассасываются, эпидермис начинает секретировать новую кутикулу. Под старой кутикулой вначале формируется туловищный отросток, затем зачаток собственно новой ноги. Отросток средней кишки в течение всего процесса регенерации сохраняется и продолжает пульсировать, постепенно прорастая в удлиняющийся зачаток конечности. На поздних стадиях формирования зачаток новой ноги под старой кутикулой имеет ряд поперечных складок, а проходящий в нём отросток средней кишки образует изгибы. В зависимости от фазы линочного цикла, на которой произошла ампутация, после первой линьки может образоваться нормально сегментированная подвижная нога либо сформированный туловищный отросток с нерасчлененной или не полностью расчлененной конечностью, которая при следующей линьке превращается в нормальную ногу. Регенерировавшая нога, в любом случае, меньше нормальной конечности по размеру, но содержит продольную горизонтальную септу, нормально сформированную мускулатуру и подвижна. Морфогенез конечности при регенерации отличается от развития ноги в онтогенезе, когда она проходит четыре стадии, разделенные линьками: почка конечности, нерасчлененный зачаток, нога из семи подомеров и затем дефинитивная ходильная нога из девяти подомеров.

# МИНИАТЮРНАЯ ЛИЧИНКА-ТАНТУЛЮС ИЗ КУРИЛО-КАМЧАТСКОГО ЖЕЛОБА РАСКРЫВАЕТ СЕКРЕТЫ ВНУТРЕННЕГО УСТРОЙСТВА РАКООБРАЗНЫХ КЛАССА TANTULOCARIDA

А.С. Петрунина\*, Г.А. Колбасов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [as.savchenko1@gmail.com](mailto:as.savchenko1@gmail.com)

Тантулокариды — небольшая группа микроскопических паразитических рачков, обитающих преимущественно в глубоководной зоне мирового океана, и демонстрирующих крайне сложный жизненный цикл и своеобразное внутреннее строение. Анатомия тантулокарид на стадии личинки - тантулюса была недавно подробно изучена нами с применением ТЭМ, СЭМ и конфокальной микроскопии. Однако, исследованные нами экземпляры тантулюсов, представляли собой осевших особей, которые уже претерпели изменения, связанные с метаморфозом. В материале из экспедиции KURAMBIO II были обнаружены два экземпляра свободных личинок -тантулюсов. Обе особи были исследованы при помощи конфокального микроскопа после окрашивания раствором Конго красного и кислого фуксина. Полученные данные существенно дополнили наши представления о внутренней организации тантулокарид на стадии личинки. Впервые удалось изучить и достоверно визуализировать такие структуры как: мышечный аппарат цефалона, состоящий из протракторов и ретракторов стилета и хоботка; мышечную систему торакальных сегментов, абдомена и конечностей. Цементные железы впервые изучены до момента экстракции клейкого вещества. Они представляют собой симметрично расположенные группы по три клетки, с крупными ядрами и многочисленными вакуолями с цементом. В цефалоне тантулюса также виден свернутый внутрь хоботок. Нервная система самой миниатюрной стадии жизненного цикла тантулокарид представлена компактным мозгом и крупной брюшной нервной цепочкой. Относительно небольшое число нейронов формируют кортикальный слой мозга, окружающий компактный нейропиль. Нейриты располагаются очень сближенно, и каждая клетка несет крупное центральное ядро и небольшой слой периферической цитоплазмы. Данные особенности, несомненно, связаны с невероятно крошечными размерами тантулокарид, что, прежде всего, проявляется на стадии личинки. Миниатюризация закономерно приводит к повышению объема нервной системы относительно других структур внутри организма. Однако, помимо миниатюрных размеров, тантулюс играет важную функциональную роль в жизненном цикле тантулокарид, с чем связаны многочисленные адаптивные особенности его внутреннего строения. Сначала личинка свободно плавает в поисках хозяина, а в момент оседания не только переходит от активно-подвижного к сидячему образу жизни, но и становится из свободно живущего организма паразитом. Все это приводит к существенной реорганизации внутренних систем: становятся ненужными и резорбируются практически все мышечные структуры, деградируют цементные железы, но в то же время начинает развиваться и функционировать уникальный пищедобывательный аппарат тантулокарид, состоящий из стилета и корневой системы.

Исследования поддержаны грантами РФФИ МНТ\_а и 18-04-00624 А

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕШНЕЙ МОРФОЛОГИИ ГОЛОВНОГО КОНЦА И ЕГО ПРИДАТКОВ У АННЕЛИД СЕМЕЙСТВ SABELLIDAE И FABRICIIDAE

Т.П. Пименов\*, Н.Н. Римская-Корсакова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [bioclassnik@yandex.ru](mailto:bioclassnik@yandex.ru)

Многощетинковые черви семейств Sabellidae Latreille, 1825 и Fabriciidae Rioja, 1923, вместе с близким семейством Serpulidae Rafinesque, 1815, относятся к группе Sedentaria, однако филогенетические отношения этих семейств между собой до сих пор вызывают сомнения у ряда авторов. Свободноживущие представители всех трех семейств обитают в трубках различного строения и обладают венчиком жаберных лучей. С помощью последнего организмы осаждают взвесь из воды и попутно ведут газообмен. В сортировке осажженного материала принимают участия ресничные желобки на жаберных лучах, ресничные поля в основании венчика, а также околоротовые придатки. Все эти структуры морфологически изменчивы. Мы исследовали детали внешнего строения головных придатков чтобы в дальнейшем изучить особенности морфо-функциональной организации элементов жаберно-лучевого аппарата. Мы исследовали *Fabricia stellaris* (Müller, 1774) (Fabriciidae) из Белого моря, *Euchone analis* (Krøyer, 1856) и *Laonome kroyeri* Malmgren, 1866 (Sabellidae) из Белого и Северного морей методами световой и растровой сканирующей электронной микроскопии. Мы обнаружили, что у всех изученных видов имеется венчик жаберных лучей с пиннулами. Однако у изученных представителей Sabellidae пиннулы меньшего размера, по отношению к длине луча, их число достигает 14-16, против 6 у *Fabricia stellaris*. Также у *Euchone analis* и *Laonome kroyeri* имеются вентральные мешки и лопастный воротничок, из околоротовых придатков — по одной паре вентральных и дорсальных губ, дорсальные лучевые придатки. У *Fabricia stellaris* имеется пара дорсальных губ, вентральная губа широкая и непарная, дорсальные лучевые придатки отсутствуют. Также имеются различия в расположении элементов ресничного аппарата. У представителей обоих семейств отсутствует оперкулюм, характерный для Serpulidae. Полученные результаты будут использованы в исследовании иннервации соответствующих структур, а также функционирования всего жаберно-лучевого аппарата в целом. На основе результатов этого и дальнейших исследований возможно провести более точное сравнение всех трех упомянутых семейств и выяснение истинных филогенетических отношений между ними.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 18-14-00082.

3D РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЛОСТИ ТЕЛА У *NOVOCRANIA ANOMALA* (BRACHIOPODA, CRANIIFORMEA)

Ф.А. Пландин\*, Е.Н. Темерева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

\*E-mail: [foedorplandin@mail.ru](mailto:foedorplandin@mail.ru)

Брахиоподы – это тип морских беспозвоночных, относящийся к стволу первичноротых животных, однако некоторые черты морфологии и развития сближают брахиопод с вторичноротыми. В том числе это касается организации целомической системы, которая и у вторичноротых, и у брахиопод состоит из трех компартментов. Данные о строении целомической системы брахиопод, использованные в сравнительном анализе, позволят пролить свет на вопрос родственных связей брахиопод и их положения в системе Bilateria. В ходе настоящей работы по полным сериям гистологических срезов проведена 3D реконструкция всех отделов целомической системы примитивной беззамковой брахиоподы *Novocrania anomala*. Полученные данные свидетельствуют о наличии у исследованного вида обширного перизофагеального целома, схожего по анатомии с перизофагеальным целомом других брахиопод, в том числе замковой брахиоподы *Hemithiris psittacea*. Однако, в отличие от перизофагеального целома *H. psittacea*, у *N. anomala* перизофагеальный целом продолжается глубоко в брахиальную складку вдоль ее медиальной линии, образуя здесь густую сеть целомических полостей. Такое строение перизофагеального целома, ранее не описанное у брахиопод, вновь поднимает вопрос о существовании у брахиопод предротового целома (протоцеля). В ходе работы полностью реконструирована анатомия малых и больших каналов лофофора и установлена их взаимосвязь с перизофагеальным целомом. Таким образом, целом лофофора представляет собой единый компартмент, отдельные части которого связаны перизофагеальным целомом. Висцеральный целом *N. anomala* разделён на камеры, в том числе сильно обособленную камеру задних аддукторов и в различной степени обособленные камеры передних аддукторов, внутренних и внешних косых мышц и протракторов лофофора. Центральная камера висцерального целома разделёна на камеры мезентериями: дорсо-вентральным, связывающим пищеварительный тракт с дорсальной и вентральной стенками тела, и двумя илеопариетальными, поддерживающими воронки метанефридиев и происходящими, по видимому, от межсегментного диссепимента олигомерных предков брахиопод. В работе описана фронтальная камера, которая представляет собой обособленный целомический компартмент. Происхождение и природа фронтальных камер неизвестны и должна быть изучены в будущих исследованиях. Полученные данные проясняют организацию целомической системы базальных брахиопод и создают базу для дальнейших исследований, связанных с изучением ультраструктуры эпителиальной выстилки различных отделов целома и уточнением связей между выявленными компартментами.

Работа выполнена при поддержке РНФ (18-14-00082).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ФИЛОГЕНИИ МОНОГЕНЕЙ (PLATYHELMINTHES)

Л.Г. Поддубная

Институт биологии внутренних вод РАН, пос. Борок, Россия.

E-mail: [poddubny@ibiw.yaroslavl.ru](mailto:poddubny@ibiw.yaroslavl.ru)

Моногенеи занимают ключевую позицию в решении дискуссионных вопросов об анцестральном прародителе для паразитических плоских червей (Neodermata) и путях их эволюции. В современной молекулярной филогенетике имеется ряд конфликтующих гипотез относительно эволюционного становления неодермат, не подтвержденных морфологическими исследованиями. Моногенеи представляют сложный эволюционно-морфологический комплекс многообразных форм их тканевой организации (более 8000 видов, объединенных в 9 отрядов двух подклассов). По данным молекулярных анализов две линии моногеней, Monopisthocotylea и Polyopisthocotylea, эволюционизировали независимо и что одна из линий имела общего анцестрального предка для цестод и трематод. Для решения дискуссионных вопросов в филогенетике моногеней мы используем оригинальные ультраструктурные характеристики по тонкой морфологии ряда систем органов для анализа вероятных эволюционных этапов становления конкретных структурных признаков в двух линиях моногеней. Пересмотрена зарегистрированная для полиопистхотилидных моногеней синапоморфия относительно строения их сперматозоидов, проанализировано, что данная синапоморфия является признаком только ветви Mazocraeidea. Уникальность строения сперматозоидов базальных полиопистхотилидных семейств, химероколидных и гексаботриидных моногеней, служит контаргументом относительно монофилии Polyopisthocotylea, поддержанной молекулярными анализами с включением геномов полиопистхотилидных моногеней исключительно из ветви Mazocraeidea. Впервые для паразитических червей выявлен однослойный многорядный клеточный эпителий в проксимальном отделе матки химероколидных моногеней, наличие которого может поддержать выводы транскриптомных анализов о таксоне Lophotrochozoa с группой Platyzoa в составе. Наличие железистого отдела в средней части маточного эпителия – синапоморфный признак для базальных полиопистхотилидных химероколидных моногеней и базальных групп цестод, гирокотилид, кариофиллид и спатеботриид. Наличие шипов на поверхности присосок прикрепительного диска гексаботриидной моногенеи *Callorhynchocotyle callorhynchi*, идентичных по ультраструктурным признакам шипам трематод, служит важным аргументом для решения вопросов становления трематод. На примере монопистхотилидной моногенеи *Calicotyle affinis* показано, что стилетное вооружение копулятивного органа является производной структурой базальной пластинки дистального отдела копулятивной бурсы и проанализирована вероятная эволюционная трансформация стилета каликотилид от их вероятных свободноживущих прародителей. Акцентируется внимание на исследовании инновационных для паразитических червей структур в строении их женской половой системе, оотипа и матки, и выявлены морфологические модификации оотипа при отсутствии матки у каликотилидных моногеней.

**МЕРКУРИЙ СЕРГЕЕВИЧ ГИЛЯРОВ – АВТОР ОСНОВОПОЛАГАЮЩЕЙ РАБОТЫ В ОБЛАСТИ МАКРОЭКОЛОГИИ И АНАЛИЗА РАЗМЕРНЫХ СПЕКТРОВ**

Л.В. Полищук

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

E-mail: [leonard.polishchuk@hotmail.com](mailto:leonard.polishchuk@hotmail.com)

Меркурий Сергеевич Гиляров, возглавлявший кафедру зоологии беспозвоночных с 1978 г. до своей кончины в 1985 г., зоолог, эколог, эволюционист, автор многочисленных статей и капитальных монографий, получивших признание как в России, так и за рубежом, в далеком 1944 году написал работу, которая сильно опередила свое время и значение которой остается недооцененным до сих пор. Речь идет о статье «Соотношение размеров и численности почвенных животных», опубликованной в «Докладах Академии наук СССР». В этой работе М.С. Гиляров пришел к выводу, что в диапазоне размеров от бактерий до дождевых червей биомасса «почвенных организмов различных естественных размерных групп представляет величины приблизительно одного порядка: величина произведения общего числа организмов данных размеров на их линейные размеры, возведенные в куб, колеблется в небольших пределах». Хотя М.С. Гиляров не дает статистического обоснования этого утверждения (это было сделано много позже: Цейтлин, 1986; Полищук, 2018), он выражает твердую уверенность в его справедливости и даже универсальности. И это предвидение блестяще подтвердилось! В 1972 году, почти через 30 лет после работы М.С. Гилярова, независимо от него (без ссылки на него), в работе Р. Шелдона (R.W. Sheldon) с коллегами на материале совсем других организмов, обитающих в другом биотопе, именно, организмов океанической пелагиали, было показано, что в диапазоне размеров от бактерий до китов биомассы основных размерных групп также примерно равны. Эта закономерность получила название правила эквивалентности биомассы и в современной формулировке звучит так: в равных логарифмических интервалах размеров тела биомассы организмов примерно равны. Работа Р. Шелдона положила начало новому направлению в мировой науке – анализу размерных спектров (size spectra analysis), которое активно развивается в настоящее время. А работа М.С. Гилярова, будучи первой работой этого направления, в этом своем качестве остается практически неизвестной. Мы хотим исправить эту историческую несправедливость. В нашем докладе будет подчеркнут приоритет М.С. Гилярова в открытии правила эквивалентности биомассы. Мы расскажем, как это правило соотносится с макроэкологией – разделом экологии, который изучает экологические явления и процессы, протекающие на больших пространствах и больших временах, и обсудим нерешенные проблемы, связанные с его интерпретацией и границами применимости.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-04-01143.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТРУКТУРЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА У ГИДРОИДНЫХ *SARSIA LOVENII* В БЕЛОМ МОРЕ

А.А. Прудковский\*, Т.В. Неретина, И.А.Екимова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [aprudkovsky@wsbs-msu.ru](mailto:aprudkovsky@wsbs-msu.ru)

Каждый вид имеет определённую структуру жизненного цикла, которая воспроизводится при развитии организма от зиготы до стадии зрелости. Может ли у одного вида реализовываться два разных типа жизненного цикла? Для гидроидных этот феномен ранее не был изучен. Согласно традиционным представлениям в Белом море встречаются гидроиды *Sarsia tubulosa*, продуцирующие свободно плавающих медуз, и гидроиды *Sarsia lovenii*, которые продуцируют прикреплённых медузоидов. В нашей работе мы обнаружили, что массовый вид медуз рода *Sarsia* в Белом море по данным молекулярно-генетического анализа относится к виду *S. lovenii*. В то же время медузы *S. tubulosa* встречаются сравнительно редко. Материал был собран в акватории беломорской биостанции МГУ. Видовой статус собранных образцов был изучен с помощью молекулярно-генетических методов, с использованием последовательностей фрагментов митохондриальных генов (COI, 16S) и внутренних транскрибируемых спейсеров (ITS). Медузы и гидроиды с медузоидными почками сформировали единую кладу (PP=1; ML=94%) по гену COI, генетически отличную от особей с медузоидами. Однако *p*-дистанции по данному фрагменту составили 0,8%. Последовательности 16S и ITS были идентичны у собранных гидроидов и медуз. Методы для разделения видов (Automatic Barcode Gap Discovery, Poisson Tree Processes) также не позволяют нам принять гипотезу о существовании двух независимых видов. Исследованные медузы массового вида отличались от медуз *Sarsia tubulosa* по размеру, форме щупальцевых бульб и апикального выроста, а также по молекулярно-генетическим данным (*p*-дистанция по гену COI составила 3,9%). Таким образом, мы можем заключить, что гидроидные *Sarsia lovenii* в Белом море могут формировать как свободно плавающих медуз, так и прикреплённых медузоидов. Ранее медузы у данного вида не были описаны. Такая изменчивость жизненного цикла у гидроидных в пределах одного вида демонстрирует необходимость переоценки значимости данного признака в систематике таксона.

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ ТИХОХОДОК *MILNESIUM TARDIGRADUM* И *HYBSIBIUS SP.*А.Р. Прыткова\*<sup>1</sup>, Н.М. Бисерова\*\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии и химии Московского педагогического государственного университета, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. E-mail: \*[vikaver2000.90@mail.ru](mailto:vikaver2000.90@mail.ru), \*\*[nbiserova@yandex.ru](mailto:nbiserova@yandex.ru)

Вид *Milnesium tardigradum* широко распространен в природе, это самые крупные (>2 мм) и исключительно плотоядные тихоходки. Знания о биологии *Milnesium* постоянно углубляются, однако загадка их выживаемости еще не до конца исследована. В частности, остается открытой проблема выживания тихоходок при экстремально высоких температурах в условиях длительной дегидратации, и сохранения жизнеспособности после замораживания при низких температурах. Данная работа посвящена изучению устойчивости *Milnesium tardigradum* и *Hybsibius sp.* к высушиванию (до 100°C) и замораживанию (до -82°C) на разных стадиях онтогенеза. Эксперименты выявили различное соотношение выживаемости видов под воздействием экстремальных температур в разное время года. Май-июнь показали схожую динамику выживших особей при максимально низких температурах, в осенний период эксперимент показал наиболее низкую выживаемость по тем же параметрам. Вид *M. tardigradum* обладает преимуществом по сравнению с *Hybsibius sp.* и даёт больший процент выживших особей как для низких (0–82°C), так и высоких температур (47–100°C) в условиях дегидратации. При изучении влияния температур на онтогенез тихоходок, обнаружено, что оплодотворенные самки *M. tardigradum* не способны претерпевать экстремальные условия (-82°C) среды и давать потомство: у них нарушается процесс кладкотворения, а затем они погибают. При t -20 °C (природный фактор) выживаемость беременных самок и эмбрионов составляет 100%. Наилучшую выживаемость продемонстрировали яйца (100%) *M. tardigradum* и взрослые особи этого вида. На основе полученных данных можно предположить, что степень выживаемости тихоходок зависит от сезонности, стадии онтогенеза, является видоспецифичным признаком.

СТРЕКАТЕЛЬНЫЕ КЛЕТКИ *POLYPODIUM HYDRIFORME* КАК ЭТАП ЭВОЛЮЦИИ КНИДОЦИТОВ В ТИПЕ CNIDARIA

Е.В. Райкова

Институт цитологии РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: [ekaterina.raikova@gmail.com](mailto:ekaterina.raikova@gmail.com)

В последнее время установлено, что миксоспоридии (Мухозоа)- паразитические организмы водных животных - это редуцированные книдарии. Связующим звеном между свободноживущими книдариями (около 11 тыс. видов) и миксоспоридиями (2200 видов) служит внутриклеточный паразит ооцитов осетрообразных *Polypodium hydriforme* (класс Polypodiozoa). Свободноживущие особи полиподия живут в реках и похожи как на медуз, так и на полипов. *Polypodium hydriforme* обладает двумя категориями стрекательных клеток (книдоцитов), большими и малыми глютинанттами – atrichous и holotrichous isorhiza. Глютинанты полиподия, в отличие от таковых свободноживущих книдарий, имеют круглую, а не вытянутую форму. Atrichous isorhiza используются для передвижения по субстрату, а holotrichous isorhiza для ловли и удержания добычи. При этом они действуют как пенетранты, пронзая покровы олигохет тубифексов (обычного корма полиподиев в аквариумах) и других животных. Оба типа книдоцитов имеют уникальный книдоцильный аппарат: кинетосома книдоциля крепится прямо на крышечке стрекательной капсулы, поэтому весь комплекс демонстрирует радиальную симметрию в отличие от билатеральной у остальных книдарий. Стрекательные нити в капсулах «атрих» гладкие, а в капсулах «холотрих» различаются по длине и, в противоположность нитям в капсулах других книдарий, имеют только два ряда шипов. Книдоцили «атрих» на концах локомоторных щупалец и у «холотрих» вокруг рта все одинаковые, прямые. Книдоцили же «холотрих» на сенсорных щупальцах различаются. Среди них есть длинные и короткие, прямые и даже изогнутые, заостренные и тупоконечные. В отличие от полярных капсул миксоспоридий, которые считаются гомологичными книдоцитам книдарий, книдоциты полиподия гораздо разнообразнее и сложнее, но у них есть общий признак – два ряда шипов на стрекательной нити. Таким образом, книдоциты *Polypodium hydriforme* по своим анатомическим особенностям отличаются как от книдоцитов всех свободноживущих книдарий, так и от полярных капсул Мухозоа и поэтому могут рассматриваться как ступень в эволюции стрекательных клеток.

Работа выполнена по государственному заданию №0124-2018-0003 (рег. ЦИТиС №АААА-А17-117032350035-4) при финансовой поддержке гранта РФФИ 15–29–02650.

# НЕЙРО-МУСКУЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРЯМОКИШЕЧНЫХ ТУРБЕЛЛЯРИЙ С РОЗЕТКОВИДНОЙ ГЛОТКОЙ

О.И. Райкова\*<sup>1,2</sup>, Е.А. Котикова<sup>1</sup>, Е.М. Коргина<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. <sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия. <sup>3</sup>Институт биологии внутренних вод РАН, пос. Борок, Россия. \*E-mail: [oraikova@gmail.com](mailto:oraikova@gmail.com)

В последнее время систематика прямокишечных турбеллярий отряда Rhabdosoela была пересмотрена на основании молекулярно-филогенетического анализа, что требует и дополнительных морфологических исследований. Мы применили гисто- и иммуногистохимические методики для изучения нейро-мускульных систем двух представителей Rhabdosoela, относящихся к разным подотрядам: *Gyratrix hermaphroditus* Ehrenberg, 1831, (Kalyphthorhynchia) и *Castrada hofmanni* Braun, 1885 (Dalytyphloplanoida). У обоих видов имеется розетковидная глотка на границе задней половины тела. От кольцевой мышцы рта плотным слоем отходят радиальные мышцы. Снаружи тело глотки окружают кольцевые мышцы, глубже залегает слой продольных мышц. Внутренний канал глотки состоит из решетки тонких продольных и поперечных мышц. От них в разные стороны отходит множество тонких радиальных мышц, прикрепляющихся к наружной стенке глотки. Таким образом, глотки исследованных видов имеют сходное строение, но наличие мускулистого хоботка определяет принадлежность *Gyratrix* к Kalyphthorhynchia. У *Gyratrix* и *Castrada* также исследована FMRF-амид иммунореактивная часть нервной системы. Нервная система в обоих случаях относится к типу концентрированного ортогона, но имеет некоторые различия. Мозг у *Gyratrix* гантелевидный с 20 мозговыми нейронами, а у *Castrada* – трапезиевидный с 16 нейронами. От мозга к заднему концу тела отходят 3 пары продольных стволов, а вперед идут ветви дорсального полукольца. У *Gyratrix* ближе к заднему концу тела обнаружена полукольцевая комиссура, соединяющая вентральные и латеральные стволы. У *Castrada* отмечены 1-2 нерегулярные неполные комиссуры. По ходу продольных стволов и комиссур, а также в области глотки и половой системы обнаружено ещё 12-16 FMRF-амид ИР нейронов. Полученные данные показывают, что даже у представителей разных подотрядов встречается весьма сходное строение нейро-мускульных систем, что явно объясняется параллелизмом, так как среди Rhabdosoela описаны 4 типа ортогонов и как минимум два разных типа глоток.

Работа выполнена с использованием оборудования ресурсного центра МР СПбГУ “Развитие молекулярных и клеточных технологий” и Центра коллективного пользования «Таксон» Зоологического института РАН ([http://www.ckp-rf.ru/ckp/3038/?sphrase\\_id=8879024](http://www.ckp-rf.ru/ckp/3038/?sphrase_id=8879024)) при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (бюджетная тема № АААА-А17-117030110029–3) и гранта РФФИ 16–04–00593.

# НЕЙРОАНАТОМИЯ ПОГОНОФОР *SIBOGLINUM FIORDICUM* И *OLIGOBRACHIA HAKONMOSBIENSIS*: ЧТО НОВОГО В ИССЛЕДОВАНИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ АННЕЛИД?

Н.Н. Римская-Корсакова\*<sup>1</sup>, В.Н. Кокарев<sup>2</sup>, И.А. Екимова<sup>1</sup>, Н.П. Карасева<sup>1</sup>, С.В. Галкин<sup>1</sup>, В.В. Малахов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Faculty of Biosciences and Aquaculture, Nord University, Bodø, Norway.

\*E-mail: [nadezdakorsakova@gmail.com](mailto:nadezdakorsakova@gmail.com)

Бескишечные кольчатые черви зибоглиниды, объединяющие костоедов, погонофор, древоточцев и вестиментифер, имеют необычное строение «вентрального» мозга. Среди них только у вестиментифер во взрослом состоянии сохраняются остатки кишки, что помогло выявить, что мозг последних представляет собой результат объединения надглоточного и подглоточного ганглиев. В надглоточном ганглии (=мозг аннелид) обнаружены специальные сходства с организацией надглоточного ганглия типичных аннелид, прежде всего седентарных представителей Cirratuliformia и Spionida/Sabellida. Щупальца вестиментифер являются гомологами аннелидных палъп. Хотя вестиментиферы являются одной из сильно прогрессивных групп зибоглинид, однако детали их нейроанатомии мозга значительно облегчают гомологизацию деталей строения мозга погонофор. В этой работе мы показываем новые данные нейроанатомии головного и туловищного мозгов погонофор, *Siboglinum fiordicum* (Северное море) и *Oligobrachia hakonmosbiensis* (море Лаптевых).

Работа выполнена при поддержке гранта № 18-14-00141.

ОСОБЕННОСТИ РАННЕГО РАЗВИТИЯ *MYTILUS EDULIS* (MOLLUSCA, BIVALVIA) В ПРИМЕНЕНИИ К БИОТЕСТИРОВАНИЮД.М. Саидов\*<sup>1</sup>, И.А. Косевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. E-mail: [saidovdaniyal@yandex.ru](mailto:saidovdaniyal@yandex.ru)

Увеличение степени антропогенного воздействия на водоемы обосновывает актуальность мониторинга водной среды с использованием методов биотестирования. Особый интерес представляют исследования, направленные на изучение состояния гидробионтов, подверженных лишь кратковременному влиянию токсиканта. Такие исследования позволяют моделировать реальные ситуации аварий и сбросов загрязняющих веществ. Раннее развитие двустворчатых моллюсков является тестовым процессом для токсикологических исследований. В качестве критерия воздействия используют количество личинок, достигших стадии велигера (D-велигера) и их линейные размеры. Многими авторами отмечено появление велигеров с различного рода аномалиями при воздействии токсикантов. Однако дальнейшая судьба личинок с такими аномалиями строения не прослежена. Целью настоящей работы было проследить тенденции развития личинок с аномалиями развития после кратковременной экспозиции (48 часов) в растворе токсиканта с последующей отмывкой в чистой морской воде от 24 до 48 часов. Для проведения исследования нами был выбран модельный токсикант  $K_2Cr_2O_7$  в ряду концентраций от 10 до 50 мг/л. Развитие раковины наблюдали через 48 часов только у личинок в концентрациях до 30 мг/л. При концентрации 30 мг/л раковина появляется эпизодически, а при концентрациях более 30 мг/л раковина не развивалась, смертность даже после отмывки значительно возросла до 35% (по сравнению с 1,5% в контрольной группе). Наиболее выраженные деформации развития раковины (неровный край раковины и вогнутый замковый край) наблюдали при концентрации 20 мг/л. После перевода таких велигеров в чистую морскую воду уровень смертности через 24 и 48 часов значимо от контроля не отличался. Важно, что через 24 часа отмывки край раковины начинал выравниваться, а через 48 часов выравнивался полностью. Вогнутый замок раковины после 48 часов отмывки был выражен неявно и у ряда личинок выравнивался полностью. Интересно, что неровный край раковины выравнивается только у личинок после отмывки, тогда как выпрямление замкового края происходит даже в присутствии токсиканта. Учитывая отсутствие смертности велигеров с выраженными деформациями раковины, выравнивание края раковины после отмывки и выпрямление замкового края можно заключить об обратимости изученных деформаций раковины при пороговой концентрации токсиканта 20 мг/л.

К ВОПРОСУ ОБ УЛЬТРАСТРУКТУРЕ ЯДЕРНОГО АППАРАТА НЕЙРОНОВ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ГАНГЛИЯ СКРЕБНЯ *ECHINORHYNCHUS GADI* (ACANTHOCERHALA)

М.М. Сальникова\*, А.И. Голубев, Л.В. Малютина

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

\*E-mail: [m\\_salnikova@mail.ru](mailto:m_salnikova@mail.ru)

Вопрос о тонких механизмах эволюции нервной системы беспозвоночных еще далек от своего окончательного ответа. Определенную ясность в решении этого вопроса могут дать исследования тонкого строения нервной системы беспозвоночных, которые занимают тупиковые позиции в эволюции животных. Именно к таким относятся паразитические представители первичнополостных животных – скребни. Фиксация пресомы скребней и подготовка образцов для изучения ультратонкого строения проводилась по классической схеме принятой в электронной микроскопии. Ультратонкие срезы получали на микротоме Reichert–Jung и просматривали в электронном микроскопе JEM – 100СХ. Исследовали соматическую, промежуточную и центральную зоны головного ганглия скребня *Echinorhynchus gadi*, паразитирующего в кишечнике беломорской трески. На ультратонких срезах обнаруженные нами ядра нейронов обладают уникальным строением. Нуклеоплазма заполнена мелкогранулярным хроматином. Ядрышко имеет фибриллярный и гранулярные компоненты. В ядерной оболочке хорошо просматривается 2 мембраны, с внутренней стороны оболочки выражена ядерная ламина. Обращает на себя внимание огромное количество разнообразных инвагинаций ядерной оболочки большинства ядер нейронов ганглия. В одних случаях инвагинации кариолеммы глубоко проникают в ядро и заполнены митохондриями, имеются липидные капли, нейрофибриллы. Вероятно, такие инвагинации имеют прямое отношение к трофике ядер нейронов. Подобная система внедрений нейроплазмы в кариоплазму названа нами перикариоспонгием. В других случаях мы наблюдали выпячивания ядерной оболочки в сторону цитоплазмы. Кроме этого мы зарегистрировали процесс отшнуровывания участков нуклеооплазмы в цитоплазму и вакуоли расположенные рядом с ядром окруженные оболочкой подобной ядерной, содержат слой ядерной ламины. С большой вероятностью можно утверждать, что необычная архитектура ганглия скребней, своеобразие ядерно-цитоплазматических связей в их нейронах и уникальное строение инвагинированных контактов является типовыми признаками организации нервной системы скребней на клеточном уровне. Нейроны скребня вполне могли бы послужить моделями для составления микроатласа по различным способам (и этапам) выхода ядерного материала в цитоплазму клеток: от диффузии через интактную ядерную оболочку до классических примеров блеббинга.

**MOXELELLA INTERMEDIA – "НЕДОСТАЮЩЕЕ ЗВЕНО" МЕЖДУ КОЛЬПОДЕЛЛИДАМИ И СПОРОВИКАМИ?**Т.Г. Симдянов\*<sup>1</sup>, Г.Г. Паскерова<sup>2</sup><sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия.\*E-mail: [tgsimd@gmail.com](mailto:tgsimd@gmail.com)

Согласно современным воззрениям, предками споровиков (Sporozoa – паразитических Apicomplexa) были хищные жгутиконосцы, сходные с современными кольподеллидами (Colpodellida). Однако строение кольподеллид и споровиков всё же довольно существенно различается и, кроме того, не описаны паразитические виды кольподеллид, хотя молекулярно-филогенетические данные намекают на то, что они существуют. Нами открыт паразитический организм *Moxellella intermedia* gen. n., sp.n. из кишечника полихеты *Scolplos armiger*, внешне похожий на архигрегариин рода *Selenidium* и имеющий покровы такого же строения, но во многом остальном его ультраструктура иная. Как и архигрегарины, это эпицеллюлярный паразит, питающийся мизоцитозом, но цитостом открывается не в щель межклеточного контакта, а непосредственно всасывает цитоплазму клетки хозяина. Продольные субпелликулярные микротрубочки закручиваются в плотную спираль в кольцевой "губе" цитостома, полярное кольцо отсутствует. Цитофаринкс окружён снаружи продольными микротрубочками (которые, однако, не прилегают друг к другу, в отличие от псевдоконоида кольподелл и коноида споровиков, а равномерно разделены промежутками) и многочисленными структурами, похожими на протоки роптрий, хотя собственно резервуары роптрий не выражены. Микронемы, а также трихо- и токсисты отсутствуют. В передних концах покровных борозд имеются углубления, содержащие рудиментарные жгутики. В задней части клетки *M. intermedia* содержится крупная органелла, возможно ответственная за синтез запасного углевода, зёрна которого обильны в цитоплазме и похожи на амилопектиновые зёрна Sporozoa. У неприкреплённых к кишке клеток ярко выражена способность к метаболии, что напоминает ещё одних родственников Apicomplexa – Squirrimea. Молекулярно-филогенетически данный организм принадлежит к кладе Chrompodellida (Chromerida + Colpodellida). Данный организм иллюстрирует возможный путь перехода от организации хищного жгутиконосца к организации паразитических плезиоморфных Sporozoa.

ВЕТВИСТОУСЫЕ РАКИ (CLADOCERA) КОМПЛЕКСА *ALONA AFFINIS* (LEYDIG, 1860) НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ ПАЛЕАРКТИКИА.Ю. Синев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия. E-mail: [artemsinev@yandex.ru](mailto:artemsinev@yandex.ru)

Исследование популяций *Alona affinis* (Leydig, 1860) из Западной Сибири и Дальнего Востока России показало, что формы, отмеченные здесь как *A. affinis* var. *dentata* Werestschagin, 1921 относятся к самостоятельному виду, который надежно отличается от *A. affinis* морфологией самца — строением и вооружением постабдомена, строением первого торакопода. Ранее самцы этого вида описаны не были, а отличия в морфологии самок были недостаточны для надежного определения его таксономического положения. Этот вид встречается на территории Якутии, в Магаданской области и в бассейне Амура и относится к выявленному в последнее время Восточно-Азиатскому фаунистическому комплексу. *A. affinis* s. str. также встречается на этой территории, проникая на восток до Камчатки. В недавнее время сходная ситуация была выявлена и для других форм ветвистоусых, ранее считавшихся монотипическими на территории всей Палеарктики. Наши данные подтверждают мнение о существовании в Берингийском регионе самостоятельного центра видообразования ветвистоусых ракообразных.

## НОВЫЙ ВИД ВЕТВИСТОУСЫХ РАКОВ (CLADOCERA) ИЗ ДРЕВНЕЙШЕГО ЕВРОПЕЙСКОГО ОЗЕРА ОХРИД

А.Ю. Синев<sup>\*1,2</sup>, Ч. Лопес-Бланко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия. <sup>3</sup>Justus-Liebig-Universität Giessen, Giessen, Germany. \*E-mail: [artemsinev@yandex.ru](mailto:artemsinev@yandex.ru)

Новый вид ветвистоусых раков рода *Alona* Baird, 1843 (Anomopoda: Chydoridae) обнаружен в древнейшем европейском озере Охрид. Габитуально новый вид крайне схож с обычным европейским видом *Coronatella rectangula* (Sars, 1862), из-за чего, вероятно, долгое время оставался未被 обнаруженным. *Alona* sp. n. принадлежит к реликтовой группе видов *elegans*, но надежно отличается от других видов группы скульптурой створок, вооружением внутренней дистальной доли первого торакопода и морфологией самца. Экологически, новый вид схож с эндемичными ветвистоусыми Байкала, и обитает на каменисто-песчаном дне, лишенном макрофитов. Как и в озере Байкал, в озере Охрид эндемичные формы возникают только среди бентических кладоцер.

## САМЦЫ И ГАМОГЕНЕТИЧЕСКИЕ САМКИ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ (CLADOCERA) ИЗ ВОДОЕМОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА КАТТЬЕН, ЮЖНЫЙ ВЬЕТНАМ

А.Ю. Синев<sup>\*1,2</sup>, И.И. Семенюк<sup>3,2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия. <sup>3</sup>Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр, г. Хошимин, Вьетнам. \*E-mail: [artemsinev@yandex.ru](mailto:artemsinev@yandex.ru)

Для многих видов тропических ветвистоусых самцы и гамогенетические самки до сих пор неизвестны. Однако в последнее время показано, что многие виды ветвистоусых надежно различаются только по морфологии этих стадий. Для изучения закономерностей гамогенеза некоторых видов тропических ветвистоусых был проведён ежемесячный сбор материала из 9 небольших водоемов на территории национального парка Каттьен (южный Вьетнам) с ноября 2017 г. по февраль 2018. В сборах были обнаружены гамогенетические особи восьми видов ветвистоусых - самцы и эфиппийальные самки планктобентических видов *Antholona harti*, *Euryalona orientalis*, *Leberis davidi*, *Leydigia ciliata*, *Karualona karua*, *Ephemeroporus barroisi*, и эфиппийальные самки *Ceriodaphnia laticaudata* и *Simocephalus* sp. Для большинства обнаруженных видов самцы с территории Юго-Восточной Азии не были известны или были описаны поверхностно, мы впервые провели подробное исследование их морфологии, что позволит уточнить таксономический статус этих популяций. В постоянных водоемах гамогенез происходит в декабре-январе. В сезонно пересыхающих водоемах переход к половому размножению происходит перед пересыханием водоема, когда он мелеет, прогревается и его площадь быстро уменьшается, в разных водоемах это происходит с декабря по февраль. У значительного количества видов, обитающих в постоянных водоемах, гамогенетические особи не обнаружены, что свидетельствует о факультативности этого процесса.

## СИСТЕМАТИКА ПАРАЗИТИЧЕСКИХ НЕМАТОД: ПРОБЛЕМЫ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ

С.Э. Спиридонов

Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия. E-mail: [s\\_e\\_spiridonov@rambler.ru](mailto:s_e_spiridonov@rambler.ru)

Систематика паразитических нематод имеет очевидное прикладное значение. Разработка систематики этих организмов также связана с изучением эволюции нематод - крупного таксона животного царства. Хотя в России во второй половине XX века систематика паразитических нематод разрабатывалась во многих научных учреждениях, определение до вида выявленных при полевых исследованиях паразитических представителей этого класса нередко составляет существенную проблему. «Молекулярные» методы исследования паразитических организмов открывают значительные возможности. Так, полное или почти полное совпадение последовательностей с высоким уровнем изменчивости в пределах какой-либо группы, как правило, означает и принадлежность двух сравниваемых образцов к одному виду. Наполнение международных баз данных последовательностями позволяет быстро выявить ранее описанные образцы с близкими последовательностями, и, казалось бы, открывает путь к построению эффективной системы определения всех животных, и в том числе - паразитических нематод. Существенной помехой для таких перспектив становятся все те же проблемы определения, а именно - ненадежность первичного определения. Такое определение по необходимости основывается на морфологической систематике и накопленном массиве морфологической и таксономической информации. При этом источники информации – собственно статьи с описаниями нематод и/или определительные таблицы - могут быть весьма неточными. По этой причине полученная нуклеотидная последовательность может быть приписана к другому виду, роду и т.д. Специалисты ГенБанка NCBI пытаются регламентировать депонирование последовательностей – требуют обозначения ваучерных экземпляров, четкого указания на коллекцию хранения. Но номера хранения не есть гарантия от ошибки, а лишь теоретическая возможность проверки определения. Паразитические нематоды чаще всего фиксировались фиксаторами на основе формалина, и, таким образом, богатые коллекции оказываются непригодными для изучения молекулярными методами. На наш взгляд, насущной становится проблема реорганизации приемов и процедур музейного хранения паразитических нематод. Хранение образцов паразитических нематод, пригодных для морфологического определения, должно быть увязано с хранением образцов ДНК, а также - с иллюстративно-текстовыми данными. Предоставление номеров хранения ваучерных образцов должно производиться при передаче в такую базу данных краткого текста с аргументацией отнесения к тому или иному виду (роду), иллюстративных файлов и экстрагированной ДНК, позволяющей провести повторное изучение молекулярными методами.

Исследования по систематике паразитических нематод поддержаны грантом РФФИ 17-04-00095.

ИЗУЧЕНИЕ ЦЕЛОМОЦИТОВ МОРСКИХ АННЕЛИД С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИММУННЫХ ФУНКЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ПЕСКОЖИЛА *ARENICOLA MARINA*)

М.В. Становова\*, И.А. Косевич

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [mvstanovova@yandex.ru](mailto:mvstanovova@yandex.ru)

Отсутствие единой системы классификации иммунных клеток представителей разных таксонов беспозвоночных животных существенно осложняет сравнительный анализ организации и функционирования их иммунных систем. Ключевой компонент иммунной системы аннелид – целоמוциты, клеточные элементы целомиической жидкости, - представлен разнообразными морфологическими типами. Только для некоторых видов аннелид описана иммунная реактивность разных типов целомоцитов. Морфология целомоцитов *Arenicola marina* Linnaeus, 1758 была изучена с использованием методов световой, конфокальной и электронной микроскопии. Для определения иммунной реактивности целомоцитов проводилась экспериментальная индукция разных типов иммунного ответа. Целомоциты *A. marina* представляют собой гетерогенную популяцию клеток. В зависимости от выбранного способа фиксации и окраски, а также от степени половозрелости и других физиологических особенностей конкретной особи, в популяции целомоцитов можно выделить от четырех до семи морфотипов клеток. Численность разных типов варьирует в широких пределах от особи к особи. Четыре из описанных типов клеток соотносятся с описанными ранее для других представителей аннелид. Экспериментальная индукция клеточного иммунного ответа (реакций фагоцитоза, инкапсуляции инородных тел) показала различия в иммунном реагировании разных морфотипов целомоцитов. Все выделенные типы способны к фагоцитозу, но осуществляют его с разной степенью эффективности. Кроме того, наблюдается разница в скорости фагоцитоза разных объектов. Инкапсуляция инородных тел органической природы обеспечивается в основном двумя типами целомоцитов; инертные неорганические объекты инкапсуляции не подвергаются. Очевидно, применения классических морфологических методов недостаточно для описания целомоцитов как компонента иммунной системы. Нами были отработаны схемы экспериментов с использованием биохимических и молекулярно-генетических методов для дальнейшего обобщения результатов в комплексную модель иммунной системы *A. marina*. Отработанные методики также планируется применить для изучения целомоцитов представителей других видов аннелид для обеспечения возможности сравнительного анализа. Настоящие результаты являются базой для дальнейшего расширения представления о строении и функционировании иммунных систем аннелид.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОСТА И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ ОФИУРЫ *OPHIOCANTHA BIDENTATA* (RETZIUS, 1805) В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ И МОРЕ ЛАПТЕВЫХ

Е.А. Стратаненко\*, С.Г. Денисенко

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: [\\*E.Stratanenko@mail.ru](mailto:E.Stratanenko@mail.ru)

Исследование параметров и темпов роста офиур в последнее время ведутся достаточно активно, однако работ, посвященных сравнительному анализу основных характеристик роста того или иного вида в разных местобитаниях не проводилось. Анализ роста арктической офиуры *O. bidentata* выполнялся на основе широко применяемой методики подробно описанной Gage (1990). Использовался коллекционный материал ЗИН РАН из Баренцева моря (сборы экспедиции 1936 г. на судне «Садко») и из моря Лаптевых (сборы экспедиции 1993 г. на судне «Polarstern»). Для оценок темпов роста баренцевоморских офиур было отобрано 26 экземпляров с разными размерами диска, из моря Лаптевых – 31. Подсчёт возрастных меток осуществлялся на поверхности позвонков животных после их очистки от органики и исследования на сканирующем микроскопе. В качестве основной математической модели описывающей рост данного вида использовалось уравнение Гомперца. Для популяции *O. bidentata* из Баренцева моря среднее значение теоретически предельного радиуса луча ( $R_{\infty}$ ) составило  $399 \pm 28$  мк, экспоненциальное замедление удельной скорости роста ( $g$ ) –  $0,58 \pm 0,028$ . Параметры группового роста несколько отличались от вышеприведенных и составили –  $R_{\infty} = 476$  мк,  $g = 0,39$ . Аналогичные расчёты, выполненные для популяции офиур *O. bidentata* из моря Лаптевых показали, что среднее значение теоретически предельного радиуса луча для исследуемой выборки составило  $398 \pm 25$  мк, а экспоненциальное замедление удельной скорости роста –  $0,39 \pm 0,018$ , параметры группового роста были следующими –  $R_{\infty} = 495$  мк,  $g = 0,26$ . В целом, полученные значения усредненных параметров индивидуального и группового роста *O. bidentata*, обитающих в Баренцевом и море Лаптевых очень хорошо согласуются между собой по величинам теоретически предельного радиуса луча. Существенная разница в значениях константы роста скорее всего обусловлена разницей среднегодовых температур местообитаний. Последнее косвенно согласуется с теоретическими продолжительностями жизни офиур, вычисленными с помощью метода, предложенного Алимовым и Казанцевой (2004 г.). Так, *O. bidentata* в обследованной популяции из Баренцева моря может доживать до 7-10 лет, из популяции в море Лаптевых – до 11-15 лет.

## КЛЕТОЧНЫЕ ОСНОВЫ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ СТРОБИЛЯЦИЮ SCYPHOZOA

А.В. Сухопутова\*<sup>1,2</sup>, Ю.А. Краус<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, г. Москва, Россия. \*E-mail: [ellebi@mail.ru](mailto:ellebi@mail.ru)

Формирование жизненной формы медузы у Scyphozoa происходит через особый тип бесполого размножения, называемый стробилиция. В отличие от гидроидных, медузы сцифоидных образуются не латерально из обособленных тканей медузоидной почки, а терминально из функционально дифференцированных тканей полипа. Преобразование тканей и органов полипа в ткани и органы медузы обеспечивается целым рядом морфогенезов и трансдифференцировок, о которых на данный момент известно очень мало. Мы проанализировали возможные механизмы осуществления морфогенетических перестроек во время стробилиции с помощью методов гистологии, электронной микроскопии и иммуноцитохимии. По нашим данным на начальных этапах формирования зачатка будущей медузы происходит ускоренное деление клеток эпи- и гастродермы. Локальное истончение мезоглеи приводит к усилению влияния двух эпителиальных слоёв друг на друга. На этапе формирования видимого подразделения тела полипа на зачатки медуз перетяжками наблюдается большое количество обратноколбовидных клеток среди столбчатого эпителия эпи- и гастродермы. Морфогенез края диска (лопастей медузы) происходит с участием планарной интеркаляции. В зачатках чувствительных органов - ропалиев - отмечается интенсивная клеточная пролиферация, наблюдается заметно упорядоченное расположение клеток. В ходе увеличения диаметра диска будущей медузы происходит интеркаляция клеток и переход от столбчатого эпителия к кубическому, что особенно выражено в эпи- и гастродерме субумбреллы и центральной части эксумбреллы зачатка. Скорость деления клеток падает, начинается рост толщины мезоглеи эксумбреллы. Клетки ропалиев реорганизуются путем планарной интеркаляции и образуют три отдела чувствительного органа. Таким образом, преобразования происходят во всех трех тканях полипа: гастродерме, эпидерме и мезоглее. Многие морфогенезы обеспечиваются сразу несколькими механизмами, в том числе клеточной интеркаляцией, делением клеток, изменением формы и положения клеток.

## ОНТОГЕНЕЗ ФОРОНИД И ПРОБЛЕМА ИСХОДНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА BILATERIA

Е.Н. Темерева\*<sup>1</sup>, Е.В. Богомолова<sup>1</sup>, Т.В. Кузьмина<sup>1,2</sup><sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.<sup>2</sup>Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия.\*E-mail: [temereva@mail.ru](mailto:temereva@mail.ru)

Проблема исходного жизненного цикла Bilateria подразумевает несколько ключевых вопросов, в том числе: было ли развитие прямым (из яйца выходит ювенильное животное, внешне похожее на взрослый организм) или непрямым (в жизненном цикле присутствует стадия личинки), а также если развитие было непрямым, то как выглядела личинка? Планктонные личинки беспозвоночных обнаруживают потрясающее морфологическое сходство: обусловлено ли оно родством или приобретено в ходе жизни в сходных условиях среды – в планктоне? Изучение онтогенеза животных с необычными типами развития может пролить свет на проблему исходного жизненного цикла Bilateria. Форониды – одна из таких необычных групп. Личинки форонид – актинотрохи – плавают в толще воды и совсем не похожи на донных червеобразных взрослых животных. Устроены личинки форонид чрезвычайно сложно. Так, в составе личиночной нервной системы имеется настоящий сложноустроенный мозг и многочисленные крупные нервы. Компетентная личинка форонид обладает развитой мускулатурой, сложно дифференцированным пищеварительным трактом и развитой кровеносной системой. Превращение личинки во взрослое животное происходит в ходе катастрофического метаморфоза: личинка поедает свой мозг, сложная мускулатура претерпевает перестройку и частичную дегенерацию, пищеварительный тракт значительно перестраивается, некоторые его отделы перевариваются, постротовой ресничный шнур либо поедается вместе с личиночными щупальцами, либо слущивается и поедается. Строение компетентной личинки и характер метаморфоза позволяет рассматривать компетентную личинку форонид не как настоящую личинку, но как ювенильное животное. Анализ типов развития и метаморфоза беспозвоночных животных из разных групп (Lophotrochozoa и Deuterostomia) показал, что только радиально симметричные стадии (бластула и ранняя гастрюла) имеют сходную организацию и только они могут называться настоящими личинками. Все последующие билатерально симметричные стадии представляют собой поднятые в толщу воды ювенили. Мы предполагаем, что в исходном типе жизненного цикла билатерий происходило наружное оплодотворение, в толще воды формировалась бластула и гастрюла, которые затем оседали на дно. Осевшая ювениль начинала ползать, приобретала билатеральную симметрию, формировался рот и анус. У большинства современных билатерий ювенили поднимались в толщу воды и становились так называемыми вторичными личинками, как это, по-видимому, имело место у форонид.

## ИЗОТОПНАЯ УНИКАЛЬНОСТЬ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-РЕДКИЕ ВИДЫ

А.В. Тиунов

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия.

E-mail: [a\\_tipunov@mail.ru](mailto:a_tipunov@mail.ru)

Редкие виды всегда были в центре внимания экологов, прежде всего в связи с их (вероятной) уязвимостью, но также и в связи с неясной ролью редких видов в функционировании экосистем. Выполняют ли редкие виды редкие или экзотические функции? На этот вопрос нет универсального ответа, отчасти потому, что арсенал инструментов для сравнения функциональной роли отдельных видов в экосистемах весьма ограничен. Одним из подходов для выявления «функциональной редкости» может стать изотопный анализ. С начала активного использования этого метода в экологии основной интерес был сосредоточен на реконструкции трофических связей отдельных таксонов и на установлении общих закономерностей структуры пищевых сетей, таких как количество трофических уровней или степень сегрегации трофических ниш. Однако любое обширное исследование природных сообществ выявляет более или менее многочисленные особи или виды, изотопный состав которых резко отклоняется от ожидаемых величин. При обобщении результатов изотопного анализа отдельные экземпляры с экстремальным изотопным составом часто отбрасываются как статистические выбросы, хотя необычные величины  $\delta^{13}\text{C}$  или  $\delta^{15}\text{N}$  могут отражать трофический стресс, сильное заражение паразитами и иные значимые обстоятельства. Однако «изотопная уникальность» на уровне вида несомненно указывает на необычные особенности биологии, которые часто остаются необнаруженными при использовании традиционной методологии. Встречаемость явных аберраций изотопного состава относительно высока. Очень часто необычная изотопная подпись видов не связана с низким уровнем обилия или принадлежностью к редким или экзотическим для данного региона таксонам. Более того, необычный изотопный состав имеют некоторые очень распространенные и относительно хорошо изученные виды беспозвоночных, такие как коллемболы из семейства Neanuridae, некоторые носатые термиты, личинки хирономид и т.д. Изотопные аберрации встречаются и среди растений, и среди позвоночных животных. В ряде случаев причины формирования аберрантного изотопного состава понятны; иногда они вполне загадочны. В любом случае изотопный анализ может быть использован для обнаружения и количественной оценки «изотопной уникальности» видов, которая отражает различные аспекты экологической уникальности, связанные с особенностями физиологии, трофических связей или микроместообитаний.

## АНАТОМИЯ МОРСКИХ НЕМАТОД: КОНФОКАЛЬНАЯ МИКРОСКОПИЯ ИЛИ ТЕМ?

М.А. Федяева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

E-mail: [mariaf92@mail.ru](mailto:mariaf92@mail.ru)

Изучение анатомии нематод, в частности, их алиментарного тракта, редко проводится с применением методов конфокальной микроскопии. По сравнению ТЕМа и конфокальных методов была найдена только одна работа, сделанная на типовом объекте – *Caenorhabditis elegans*. Нашей задачей было оценить возможность исследования анатомии нематод на конфокальном микроскопе с помощью флуоресцентных красителей (DAPI и Phalloidin). Работа проводилась на нескольких видах беломорских нематод (*Odontophora deconincki* (Araeolaimida), *Halichoanolaimus robustus* (Chromadorida), *Sphaerolaimus balticus* (Monhysterida)). Основное внимание уделялось головному концу и алиментарному тракту. С помощью конфокальной микроскопии удастся понятно визуализировать строение стомы, а так же мышц, которые ею управляют. ТЕМ дает более точное представление о деталях клеточного строения, однако общее расположение некоторых структур приходится восстанавливать по нескольким срезам. Подготовка же серийных срезов для ТЕМа, которая при реконструкции может дать точное 3D представление об объекте, является весьма трудоемкой задачей. Поэтому в данной работе мы предлагаем комплексное использование обычных ТЕМ и элементарных конфокальных методов для лучшего понимания анатомии свободноживущих нематод.

Исследование проводилось при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 18-04-00237.

# РАННИЙ НЕЙРОГЕНЕЗ АРХИАННЕЛИД: СХОДСТВА И ОТЛИЧИЯ В РЯДУ LOPHOTROCHOZOA

Е.Г. Фофанова\*<sup>1</sup>, Т.Д. Майорова<sup>2</sup>, Е.Е. Воронежская<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>National institute of neurological disorders and stroke, National institute of health, Maryland USA. E-mail: [lizchenbio@mail.ru](mailto:lizchenbio@mail.ru)

Динофилиды являются уникальной группой Многощетинковых червей, представители которой сочетают в себе характеристики различных таксонов Lophotrochozoa. Более того, взрослые динофилиды имеют ряд морфологических черт личинки трохофоры. Эти особенности могут указывать либо на древнее происхождение, либо на более позднее, но с участием процесса неотении, происхождение этой группы. Чтобы разобраться в этом вопросе, в данной работе мы изучали ранний нейрогенез двух видов динофилид: *Dinophilus taeniatus* и *Dinophilus gyrosciliatus*. Нервные клетки окрашивали иммуноцитохимически и визуализировали на лазерном конфокальном микроскопе. Внешние ресничные структуры служили маркером стадии развития. У обоих видов первые нервные клетки выявлены антителами к тубулину в гипосфере эмбриона на стадии, соответствующей ранней трохофоре. Нервные отростки первых нейронов окружают ротовое отверстие и образуют зачатки парных вентролатеральных пучков будущей брюшной нервной цепочки. В ходе развития количество нервных отростков растет и они формируют компактный головной нейропилль, парные вентролатеральные и латеральные стволы, непарный медиальный ствол и поперечные комиссуры. Серотонин и FMRF-амид иммуноположительные нейроны дифференцируются после закладки основных элементов центральной нервной системы рядом с вентролатеральными стволами и в головном нейропиле, соответственно. Это происходит на стадиях средней и поздней трохофоры. Тирозингидроксилаза иммуноположительные клетки дифференцируются в периферической нервной системе на стадии поздней трохофоры. Отростки серотонин, FMRF-амид и тирозингидроксилаза иммуноположительных нейронов составляют лишь малую часть от всей нервной системы эмбрионов. Нами не были выявлены пионерные нейроны, а также клетки, которые могли бы быть ассоциированы с апикальным или аборальным органом, характерные для большинства трохофор. Таким образом, наши результаты показывают, что ранний нейрогенез у обоих изученных видов динофилид принципиально отличается от такового у других изученных представителей Лопотрохозоа. На основании этого, мы предполагаем, что динофилиды могли утратить апикальный орган в ходе неотении и миниатюризации, сопровождавших эволюцию этих животных при переходе к интерстициальному образу жизни.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-04-01213 А.

РАЗВИТИЕ И МЕТАМОРФОЗ ПЛАНУЛОПОДОБНЫХ ПОЧЕК *CASSIOPEIA HAMACHANA* (CNIDARIA: SCYPHOZOA)

В.Р. Хабибулина

Санкт-Петербургский Государственный Университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: [khabvaleriya@yandex.ru](mailto:khabvaleriya@yandex.ru)

Одним из способов бесполого размножения, реализуемого полипоидным поколением сцифоидной медузы *Cassiopeia xamachana*, является формирование свободноплавающих планулоподобных почек. Отчасти развитие таких почек было описано в ходе лабораторных наблюдений и с помощью ультраструктурных исследований, однако детальные описания процесса формирования почки и ее последующего метаморфоза с образованием полипов следующего поколения отсутствуют. Данная работа посвящена исследованию развития мускулатуры планулоподобных почек *Cassiopeia xamachana* с помощью иммунохимических методов. Формирование почки начинается в нижней части чашечки полипа как небольшое выпячивание стенки тела, затрагивающее оба клеточных слоя и участок мезоглеи между ними. Такое выпячивание быстро растет, принимая каплевидную форму, и покрывается многочисленными ресничками. От ближайшей септальной мышечной ленты полипа к основанию почки ответвляются мышечные волокна. Они образуют рыхлую сеть, которая, по-видимому, участвует в дальнейшем отделении созревшей почки. При этом некоторые мышечные волокна материнского организма могут достигать дистального конца почки. Собственные мышечные волокна дифференцируются уже в период самостоятельного плавания. Четыре группы продольных мышц формируются в задней части почки и продолжают несколько дальше середины тела. Это, фактически, будущие септальные мышечные ленты полипа. Образуются также поперечные мышечные волокна, позволяющие почке менять форму тела от вытянутой до почти шарообразной. Первые внешние признаки метаморфоза появляются еще до прикрепления к субстрату. Обособляются зачатки щупалец и гипостома со скоплениями коротких мышечных элементов. Окончательное превращение в полип происходит уже после оседания. Формирующаяся в планулоподобной почке *Cassiopeia xamachana* мускулатура уже на ранних этапах развития обладает морфологическими признаками, характерными для мышечной системы полипа. При этом мышечные элементы почки не наследуются напрямую от материнского организма, а образуются *de novo*.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-04-00593 с использованием оборудования РЦ СПбГУ «Культивирование микроорганизмов», «Развитие молекулярных и клеточных технологий» и «Хромас».

## КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛОГО МОРЯ: ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А.Б. Цетлин<sup>\*1</sup>, В.О. Мокиевский<sup>2</sup>, А.И. Исаченко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. <sup>2</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия. <sup>3</sup>ООО «Арктический Научный Центр», г. Москва, Россия.

E-mail: [atzetlin@wsbs-msu.ru](mailto:atzetlin@wsbs-msu.ru)

История комплексных исследований биоты Белого моря начинается со знаменитой работы К.М. Дерюгина (1928) «Фауна Белого моря и условия ее существования», в которой была впервые прослежена связь распространения фауны с некоторыми абиотическими факторами, например, температурой воды и характером грунтов. В последующие десятилетия Белое море становится модельным объектом для разработки новых подходов и новой методологии комплексных исследований морей (Беклемишев и др., 1980; Денисов, 1977). В настоящее время на ББС МГУ эта работа продолжается как за счет исследований изолированных и полу-изолированных водоемов Белого моря (Бабье море, приморские лагуны Кандалакшского залива), так и за счет разработки новых методов изучения и картирования морских донных ландшафтов: использование многоканальных эхолотов, сейсмических методов, видео-данных, полученных с помощью дистанционно управляемых подводных аппаратов для построения детальной трехмерной картины донных ландшафтов, анализа данных фотосъемки, полученных с помощью дистанционно управляемых летательных аппаратов для картирования литорали. Разработка методов визуализации донных биотопов и микробиотопов с помощью подводной макросъемки (фото и видео) также существенно дополняет представления о факторах определяющих жизнь гидробионтов в море. Методы экспериментального исследования пищевых связей и сетей, как экстенсивные (например, методы анализа содержания стабильных изотопов), так и экспериментальные (постановка длительных экспериментов *in situ*) позволяют представить, пока еще относительно фрагментарно, картину пищевых взаимодействий и степень напряженности биотических связей в донных сообществах.

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О РАЗМНОЖЕНИИ БАТИАЛЬНЫХ МОЛЛЮСКОВ РОДА *RINGICULOIDES* MINICHEV, 1966 (GASTROPODA: HETEROBRANCHIA)

Е.М. Чабан\*, Е.В. Солдатенко

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия. \*E-mail: [echaban@zin.ru](mailto:echaban@zin.ru)

Род *Ringiculoides* Minichev, 1966 представлен двумя видами, обитающими в Курило-Камчатской и Японской впадинах на глубине 5-6 тыс. м. Их морфология изучена ранее, в том числе и по серийным срезам, однако ничего не было известно о размножении этих видов. В одном из экземпляров *R. vityazi* Chaban, Kano, Fukumori, Chernyshev, 2017 (высота раковины 4.1 мм), фиксированном 96° спиртом, была обнаружена кладка яиц. Целью работы является изучение и описание этой кладки, а также возможной связи с ней особенностей морфологии головного щита. Морфология кладки изучена и сфотографирована с применением светового микроскопа Leica DMLS-2 с видеокамерой, препараты с капсулами просветляли гвоздичным маслом. Яйцевые капсулы овально-цилиндрической формы располагаются 3 рядами антеролатерально на дне мантийной полости справа. В этом районе слизистая железа паллиального гонодукта и ее конечный вагинальный отдел расположены непосредственно под эпителием стенки тела. В кладке 16 капсул белого цвета. Все капсулы сидят на общем базисе. Каждая капсула имеет съемную ширококоническую крышечку диаметром около 50 мкм. Внутренняя камера имеет овальную форму и наполнена зернистой многоклеточной массой. Диаметр капсулы около 100 мкм, толщина стенок капсулы около 20 мкм. Под крышечкой капсула имеет отверстие диаметром около 20 мкм. Головной щит несет довольно длинные щупальцевидные придатки, края которых завернуты дорсально. Края левого придатка завернуты сильнее, его передний конец располагался в неглубоком сифональном канале раковины, а задний продолжается в желобок, проходящий по краю головного щита до левого угла мантийной полости. Кладка рингикулоидесов описана впервые, ее особенностью являются расположение внутри мантийной полости и наличие плотных отдельных яйцевых капсул, не объединенных единым слизистым матриксом. Морфология и ориентация головных щупалец позволяет предположить возможное участие левого щупальца в качестве временного сифона в процессе вентиляции мантийной полости в репродуктивный период.

Исследование проводилось при финансовой поддержке по бюджетной теме АААА-А17-117030310207-3.

## ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА НЕКОТОРЫХ БЕЛОМОРСКИХ НЕМЕРТИН

И.А. Чернева\*, И.А. Екимова, В.В. Малахов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

\*E-mail: [mira.cherneva@gmail.com](mailto:mira.cherneva@gmail.com)

Молодость Белого моря, история его образования и современные условия позволяют предположить, что для ряда видов беспозвоночных структура беломорских популяций будет отличаться от арктических и атлантических. Немертины – группа широко распространённых, преимущественно морских животных. У этих червей отсутствует большое число хорошо рекогносцируемых морфологических признаков, поэтому видовая идентификация внутри этой группы несколько затруднена. Для некоторых немертин характерно отсутствие планктонной личинки, что способствует локальной изоляции популяций. Мы реконструировали генетическую структуру популяций нескольких видов с помощью молекулярных методов. Построенные сети гаплотипов некоторых литоральных и сублиторальных видов свидетельствуют о различных сценариях пост-ледникового заселения Белого моря. Низкий уровень нуклеотидного разнообразия и типично звёздообразная структура гаплосети *Lineus ruber* указывает на то, что у предковой популяции этого вида произошло сокращение генетического разнообразия в недавнем историческом прошлом. Гаплотипы *Lineus viridis* из одних мест обитания сближены между собой и отделены друг от друга 1-4 мутационными шагами. Гаплосеть *Lineus clandestinus* включает меньшее количество мало отличимых гаплотипов. Так же мы построили сеть гаплотипов для *Cryptonemertes actinophila* (Hoploneuridae), обитающей под подошвой актиний. Выяснилось, что разнообразие гаплотипов внутри этой популяции очень велико. Такую картину можно объяснить наличием планктонной личинки.

## СООБЩЕСТВА НЕМАТОД И МЕЙОФАУНЫ ГЛУБОКОВОДНЫХ ОСАДКОВ ОКЕАНА

А.В. Чесунов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

E-mail: [AVTchesunov@yandex.ru](mailto:AVTchesunov@yandex.ru)

Внешельфовые глубоководные области Мирового океана - самые обширные и одновременно наименее известные районы планеты с крайне специфическими условиями обитания. Изменение представлений о видовом богатстве и структуре населения абиссального дна началось в 1960-е годы, когда для промывки проб грунта впервые использовали тонкоячеистые сита. Разнообразие глубоководной мейофауны представлялось неоправданно высоким на фоне однообразной внешней среды (т.н. глубоководный парадокс). По таксономической структуре населения мейофауны и нематод, её главного компонента, можно выделить несколько главных биотопов и сообществ глубоководья. Ложе океана (абиссаль). Сообщество нематод характеризуется высоким разнообразием, высокой степенью выровненности и низкой степенью доминирования, а также общими чертами морфологии и биологии. По размеру тела абиссальные нематоды очень малы. Почти нет видов со скульптурно сложной кутикулой, с длинными соматическими щетинками и с мощной арматурой ротовой полости. Головной конец сужен, стома узкая. Амфиды резко увеличены и расположены далеко от переднего конца. В составе сообщества крайне мала доля хищников. Гидротермальные биотопы и сипы (хемосинтезирующие сообщества) на фоне окружающих олиготрофных равнин характеризуются очень высокой биомассой. Мейофауна в гидротермальных биотопах и сипинговых биотопах количественно обильна, но её видовое разнообразие невысоко. Фауна гидротермалы резко отличается от окружающей абиссали преобладанием типично мелководных родов, крупными размерами видов, преобладанием родов с хорошо развитой ротовой арматурой, наличием проглоченного материала в кишке и оплодотворённых яиц в матках у самок. Батиальные биотопы. В поселениях глубоководных известковых кораллов преобладают «шагающие» нематоды *Draconematidae* и *Epsilonematidae*. В каньонах, прорезающих материковые склоны, накапливается фитодетрит из поверхностного слоя, и складываются восстановительные условия. Плотность населения и разнообразие мейофауны здесь высоки, а среди нематод преобладают виды, ассоциированные с хемосинтезирующими прокариотными экто- и эндосимбионтами. Отдельные своеобразные сообщества мейофауны формируются в грубозернистых биогенных осадках на вершинах морских гор. На изученном гайоте Грейт-Метеор в известковом песке из мёртвых раковин планктонных фораминифер и птеропод очень разнообразное сообщество нематод состоит из представителей мелководных родов с большой долей хищников и букетами эндемичных близкородственных видов.

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-04-00237.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИТОТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ЗАДНЕЙ РЕГЕНЕРАЦИИ БЕЛОМОРСКОЙ ПОЛИХЕТЫ *ALITTA VIRENS*

А.Ю. Шалаева\*, Р.П. Костюченко, В.В. Козин

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия.

\*E-mail: [shalaeva.sasha@gmail.com](mailto:shalaeva.sasha@gmail.com)

Аннелиды, в частности *Alitta virens*, являются одной из наиболее привлекательных, но все еще недостаточно полно исследуемых моделей регенерации. Несмотря на то, что процессы, происходящие при регенерации *A. virens*, изучены на различных уровнях, до сих пор остаётся открытым вопрос о происхождении клеток, участвующих в формировании бластемы и о вкладе старых тканей в формирование утраченных структур. Для установления интересующих нас аспектов регенерации производилась ампутация задней части тела ювенильной особи *A. virens*, после чего производилась кратковременная инкубация животных в предшественнике ДНК EdU. Для дальнейшего анализа полученных изображений и подсчёта меченых ядер использовалась программа Bitplane Imaris. В первый день после ампутации (дпа) распределение метки в последнем старом сегменте выражено не отличается от такового у интактного животного, в пределах регенерата наблюдаются единичные меченые ядра в раневом эпителии, закрывающем рану. На второй день возникает группа внутренних клеток регенерата – бластема, которая начинает активно включать меченый предшественник. Формирование регенерационной почки (1-2 дпа) связано с появлением в области раны активно делящихся клеток покровного эпителия и бластемы. Во время роста и паттернирования регенерата (2-3 дпа) доля одновременно находящихся в S-фазе клеток остаётся постоянной – 19-27%. На третий день происходит также закладка зоны роста, участвующей в формировании материала новых сегментов. Ткани старого сегмента тоже участвуют в восстановлении утраченных структур посредством клеточной дедифференцировки, однако их вклад в регенерат незначителен в сравнении с активностью клеток зоны роста. Потомки клеток старого сегмента, меченые EdU до операции, чаще всего вносят минимальный вклад в регенерационную почку, что говорит в пользу восстановления эктодермальных и мезодермальных клеток из очень небольшого числа клеток культивирования. Наши данные подтверждают модель дедифференцировки клеток пигидия для формирования каждого нового сегмента: клетки зоны роста включают предшественник ДНК относительно редко, с сильным «размытием» в случае отмывок (Niwa et al., 2013). Признаков активации и размножения стволовых клеток в ходе регенерации *A. virens* отмечено не было.

Работа выполнена на базе морской биологической станции СПбГУ (УНБ «Беломорская») при поддержке гранта РФФИ 17-14-01089.

## КОЖНЫЕ ЭКСКРЕТОРНЫЕ ОРГАНЫ – НОВЫЙ ТРЕНД ЭВОЛЮЦИИ ИЛИ ДРЕВНИЙ ПРИЗНАК ВОДЯНЫХ КЛЕЩЕЙ (ACARIFORMES, HYDRACHNIDIA)

А.Б. Шатров

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: [Andrey.Shatrov.1954@mail.ru](mailto:Andrey.Shatrov.1954@mail.ru)

Кожные, или дермальные железы – синапоморфия водяных клещей Hydrachnidia, развившаяся *de novo* после освоения их предками водной среды. У большинства водяных клещей кожные железы олигомеризованы и имеют признаки сегментарного распределения. Точная функция этих желез неизвестна, а сравнительная морфология чрезвычайно слабо разработана. Кожные железы представителя низших водяных клещей – *Limnochares aquatica* (L., 1758) (Limnocharidae) были изучены светооптическим, SEM и TEM методами. Кожные железы множественны, распределены произвольно, а их седловидное выводное отверстие вооружено кутикулярным шипиком либо, реже, однополостным беспоровым рецепторным волоском. Кожные железы образованы призматическими клетками, лишенными синтетического аппарата, с крайне складчатой клеточной стенкой и многочисленными вакуолями, и с выраженной динамикой

## УЛЬТРАСТРУКТУРА ЖЕНСКИХ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК НЕООФОРНЫХ ТУРБЕЛЛЯРИЙ В ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ

Е.Е. Шафигуллина\*, Я.И. Заботин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

\*E-mail: [Shafigullina.EE@gmail.com](mailto:Shafigullina.EE@gmail.com)

Ультраструктурные признаки половых клеток широко применяются в систематике и филогенетике плоских червей. Свободноживущие плоские черви (турбеллярии), обладающие гермарием и вителлярием, а также все Neodermata, традиционно объединяются в таксон Neophora. При этом, несмотря на схожий общий план строения женской репродуктивной системы, неофоры характеризуются многообразием морфологических и цитологических особенностей женских половых клеток. Нами была исследована ультраструктура яйцеклеток и вителлоцитов 5 видов неофорных турбеллярий: *Monocelis lineata* Müller, 1774, *M. fusca* Örsted, 1843 (Proseriata), *Uteriporus vulgaris* Bergendal, 1890 (Tricladida), *Macrorhynchus croceus* Fabricius, 1826 (Kalyptorhynchia), *Provortex karlingi* Ax, 1951 (Rhabdocoela). Материал был собран в летний период с 2008 по 2012 год в смывах с водорослей на литорали островов Керетского архипелага (Белое море) и зафиксирован в 1 % глютаровом альдегиде на 0,1 М фосфатном буфере. Изучение материала происходило с помощью ТЭМ JEM 100 CX. Яйцеклетки ряда видов неофорных турбеллярий (*M. lineata*, *M. fusca*, *P. karlingi*), помимо вителлоцитов, окружены дополнительными опорными клетками, имеющими длинные цитоплазматические выросты. Ооплазма содержит многочисленные митохондрии, рибосомы, длинные каналы ЭПС, а также липидные капли и электронно-плотные гранулы. Синтез желточных гранул осуществляется почти исключительно вителлоцитами. Исследованные виды различаются по составу и характеру расположения клеточных включений ооцитов и вителлоцитов, равномерно распределенных по цитоплазме (*M. lineata*, *M. fusca*, *P. karlingi*, *U. vulgaris*) или образующих скопления (*Macr. croceus*). Наибольшее многообразие клеточных включений (4 типа) было отмечено в вителлоцитах *U. vulgaris*. Три типа широко распространены среди триклядид – многочисленные желточные гранулы, гранулы, формирующие оболочку и липидные капли; четвертый тип включений ранее у триклядид обнаружен не был. Таким образом, состав и расположение клеточных включений наряду с другими ультраструктурными признаками яйцеклеток турбеллярий и особенностями оогенеза являются специфичными в пределах каждого отряда и, вероятно, могут служить филогенетическими индикаторами.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ООГЕНЕЗА CHEILOSTOMATA

Е.Т. Шевченко\*<sup>1</sup> А.Н. Островский<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия. <sup>2</sup>Венский университет, г. Вена, Австрия. \*E-mail: [limacina.helicina@gmail.com](mailto:limacina.helicina@gmail.com)

Отличительной чертой мшанок отряда Cheilostomata (Bryozoa) является значительное морфологическое и таксономическое разнообразие. В настоящее время именно хейлостоматы являются доминирующей группой мшанок во многих морских донных биоценозах. Различные аспекты полового размножения в пределах этого отряда крайне разнообразны. В частности, у Cheilostomata обнаружено несколько типов оогенеза. Также отличается характер оплодотворения: от раннего интраовариального до позднего, осуществляемого во время или даже сразу после овуляции. У разных видов различно строение овария, способ инкубации эмбрионов (если есть) и тип образующейся личинки. Вынашивание осуществляется с экстраэмбриональным питанием или без него. Изученные в ходе нашего исследования виды – *Electra pilosa*, *Tendra zostericola* и *Arctonula arctica*, характеризуются разными паттернами полового размножения. Для *E. pilosa* характерно одновременное формирование большого числа олиголецитальных ооцитов, развивающихся без вынашивания в долгоживущих планктотрофных личинок, в то время как для вида *A. arctica* – последовательное формирование нескольких крупных макролецитальных ооцитов, поочередно развивающихся в паре с клеткой-нянькой в выводковой камере в короткоживущих лецитотрофных личинок. Оогенез *T. zostericola* представляет собой промежуточный вариант: из нескольких мезолецитальных ооцитов, развивающихся без клетки-няньки и перемещаемых в выводковую камеру, формируется группа лецитотрофных личинок с нефункционирующим кишечником. Сравнивая между собой полученные по разным видам данные, мы можем заключить, что в ходе эволюции оогенеза у Cheilostomata наблюдается переход от паттерна с многими мелкими ооцитами к формированию нескольких, но крупных ооцитов за счет увеличения содержащегося в них желтка (переход от олиголецитального к макролецитальному оогенезу), а также переход к развитию в паре с клеткой-нянькой. Соответственно этому менялось и строение яичника. Планктотрофная личинка заместила на лецитотрофную. Также было приобретено вынашивание эмбрионов. Таким образом, изменение оогенеза явилось центральным событием, приведшим к возникновению нового репродуктивного паттерна.

Исследование проводилось при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 16-04-00243-а) и Санкт-Петербургского государственного университета (грант 1.42.1493.2015).

# ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ОСТРАКОДАМИ РОДА *LOPHOCY THERE* ИЗ СРЕДНЕРУССКОГО МОРЯ ЮРСКОГО ПЕРИОДА (КЕЛЛОВЕЙСКИЙ ВЕК)

Я.А. Шурупова\*<sup>1</sup>, Е.М. Тесакова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

<sup>2</sup>Геологический институт РАН, г. Москва, Россия. \*E-mail: [shurupova.ya@yandex.ru](mailto:shurupova.ya@yandex.ru)

К позднекелловейским представителям рода *Lophocythere*, бентосным обитателям моря Русской плиты, относятся четыре вида: *L. karpinskyi*, *Lophocythere* sp. A, *Lophocythere* sp. B и *L. acrolophos*. Предполагается, что их появление в Среднерусском море приурочено к разновременным трансгрессиям: *L. karpinskyi* и *Lophocythere* sp. B в начале келловейского века, *L. acrolophos* и *Lophocythere* sp. A – в конце. Материал (332 створки) происходит из верхнекелловейских отложений разреза Михайловцемент (Рязанская область): 51 экземпляр – *L. karpinskyi*; 201 – *Lophocythere* sp. A; 71 – *L. acrolophos*, 1 – *Lophocythere* sp. B. Изучен онтогенез у первых трех видов. Строение и онтогенез замков у *L. karpinskyi* и *Lophocythere* sp. A весьма похожи, различаются только по числу ямко-групп в передней половине замочного желобка. У *Lophocythere* sp. B строение замка взрослой особи схож с вышеописанными, отличается по числу ямко-групп в задней половине желобка. Передний и задний зубы замка у всех трех видов состоят из 6 зубчиков. Замок *L. acrolophos* заметно отличается по строению от такового у вышеописанных видов: и по зубам (из семи зубчиков), и по числу ямко-групп в желобке. По скульптуре изученные виды разделяются на две группы: поверхность раковины в первой орнаментирована бугорками (*L. karpinskyi*, *Lophocythere* sp. A, *Lophocythere* sp. B), во второй ребрами (*L. acrolophos*). Для первой группы выявлены плезиоморфный комплекс морфологических признаков, включающий расчлененное на шипы брюшное ребро и крупные межреберные бугорки, не образующие вертикальные ребра, и апоморфный комплекс (гребневидное брюшное ребро и мелкие межреберные бугорки, выстраивающиеся в вертикальные ребрышки). В онтогенезе *L. karpinskyi* и *Lophocythere* sp. A микроскульптура представлена косой сеткой (ретикулюмом) – крупнаячеистой у первого, мелкаячеистой у второго вида. Мезоскульптура образована бугорками: крупными и редкими у первого вида, мелкими и частыми у второго. По мере взросления, ретикулюм почти исчезает, за исключением переднего и заднего концов раковины, но мезоскульптура наследует косую сетчатую структуру. Филолиния этих лофоцитер выглядит как: *L. karpinskyi*→*Lophocythere* sp. B+*Lophocythere* sp. A. Поскольку ребристая скульптура вида *L. acrolophos* резко отличается уже на ранних стадиях онтогенеза и ближе всего к таковой видовой группы *L. interrupta*, то эти виды, вероятно, представляют другую филолинию: *L. interrupta*→*L. acrolophos*.

Работа поддержана грантами АААА-А16-116021660031-5; АААА-А16-116033010096-8(МГУ); 0135-2018-0036(ГИН РАН) и РФФИ 18-05-00501.

## ПРОИСХОЖДЕНИЕ НАСЕКОМЫХ И МНОГОНОЖЕК

Д.Е. Щербаков

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

E-mail: [dshh@narod.ru](mailto:dshh@narod.ru)

Насекомые и высшие раки сходны по числу сегментов тела, тагмозису, строению и развитию ротовых частей, конечностей, зрительной и нервной системы и многим другим признакам. Столь полное подобие водных ракообразных и наземных шестиногих объяснимо лишь близким родством. К примитивнейшим насекомым, прыгающим щетинохвосткам *Archaeognatha*, ближе всего палеозойские синкариды. Мощные брюшные мышцы раков и археогнат обеспечивают каридоидную реакцию бегства за счет удара брюшком о воду или субстрат. Превращение синкарид в археогнат шло за счет гетерохроний (неотения) и (гамо)гетеротопий. При выходе на сушу пять задних сегментов рачьей груди превратились в брюшные, оставив в груди насекомых лишь три ногочелюстных сегмента. Органы дыхания у насекомых преобразовались в трахеи, глаза стали сидячими, а плавательные конечности редуцировались. Гоноподы, перенесенные от основания к вершине брюшка и с мужского пола на женский, образовали яйцеклад. Многоножки произошли от шестиногих. Развитие конечностей отдельного сегмента по типу той или иной тагмы у *Crustacea* и *Atelocerata* определяется одной и те же системой Нох-генов. Поэтому конвергентное приобретение высшими раками и насекомыми однотипной гетерономии туловища гораздо менее вероятно, чем ее независимая редукция у многоножек и обитающих в морских пещерах *Remipedia* – скрытоживущих форм, утративших каридоидную реакцию бегства и мускулистое брюшко. Многоноготь мириапод вторична, как и безноготь их аналогов, змееобразных тетрапод. И змеи, и многоножки приобрели гомономное туловище из метамеров более многочисленных, и головной отдел более специализированный, чем у их гетерономных предков, за счет расширения области экспрессии генов, определяющих развитие по типу груди. Энтогнатные гексаподы – начальные ступени «мириаподизации» насекомых. Ракообразные возникли неотенически от трилобитообразных с сенсорными антеннами и длинной посторальной серией ногочелюстей за счет концентрации жевательной функции. У предшественников трилобитоморф, *Megacheira*, антенны (= хелицеры) сочетали сенсорную функцию с хватательной. Мегахейры произошли от *Dinocarida*, лишенных челюстей, но с радиальным вооружением рта, хватательными (реже фильтрующими) клешнеусиками и локомоторными посторальными конечностями, за счет переноса на последние пищедобывательной функции.

Работа поддержана РФФИ, грант № 16-04-01498.

# СВЯЗАНЫ ЛИ МЕХАНИЗМЫ РЕПРОДУКТИВНОЙ ИЗОЛЯЦИИ КАЛЯНОИДНЫХ КОПЕПОД *CALANUS GLACIALIS* И *C. FINMARCHICUS* СО СТРОЕНИЕМ ГЕНИТАЛЬНЫХ СТРУКТУР ВЗРОСЛЫХ САМОК?

Д.А. Юрикова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

E-mail: [dariayurikova@gmail.com](mailto:dariayurikova@gmail.com)

Массовыми представителями каляноидных копепод в планктоне северной части Атлантического и Северного Ледовитого океана являются *Calanus finmarchicus* и *C. glacialis*, виды, сходные морфологически, но различающиеся по жизненным циклам и районам распространения. *C. glacialis* – арктический вид, завершающий жизненный цикл в течение двух лет. *C. finmarchicus* – северо-атлантический вид, для которого характерен однолетний цикл. Рядом исследователей на основании молекулярно-генетических данных была высказана гипотеза о возможности их гибридизации, опровергнутая в скором времени также на основании молекулярных исследований. Целью работы являлось изучение особенностей строения репродуктивной системы самок *C. glacialis* и *C. finmarchicus* для выявления морфологических различий, подходящих для достоверной идентификации этих видов. В задачи работы входило исследование внешнего и внутреннего строения генитального сегмента и генитальных полей взрослых самок, сравнение биологии и жизненных циклов по литературным данным, и выявление возможных причин отсутствия гибридизации между этими сходными по морфологии видами. Материал был собран в Белом и Норвежском морях. Для визуализации структур, относящихся к половой системе, были применены методы световой, сканирующей электронной и конфокальной лазерной сканирующей микроскопии, а также компьютерной микротомографии. Нами были подробно изучены следующие структуры: генитальная крышечка прикрывающая половой атриум, на дне которого располагаются каналы сперматек; щелевидные копуляторные поры, ведущие в сперматеки; пучки мышц, участвующие в переносе сперматофорной массы в сперматеки. Выявленные различия во внешнем строении генитального сегмента самок и характере прикрепления сперматофоров у исследованных видов оказались не существенны, по нашему мнению, они не могут служить препятствием для перекрестного спаривания или использоваться в качестве надежного критерия определения вида. Особенности морфологии генитального сегмента также не могут применяться в качестве самостоятельного критерия для различения *C. glacialis* и *C. finmarchicus*, но они могут быть использованы в качестве дополнительных признаков для подкрепления выводов, сделанных с использованием других морфологических критериев или по совокупности признаков. Возможно, эволюционное расхождение исследованных видов связано с развитием у них различных приспособлений к условиям среды и с возникновением различий в их биологии, фенологии и жизненных циклах.

## ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ XXI ВЕКА: МЕТОДЫ КРИОФИКСАЦИИ В ИССЛЕДОВАНИИ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

В.В. Юшин

Национальный научный центр морской биологии, г. Владивосток, Россия.

E-mail: [vvyushin@yandex.ru](mailto:vvyushin@yandex.ru)

Замораживание под высоким давлением (high-pressure freezing, HPF) в настоящее время является наиболее современным способом изготовления препаратов для морфологических и иммуноцитохимических исследований методом электронной микроскопии. Замораживание под высоким давлением позволяет исследовать строение тканей, клеток и клеточных компонентов в состоянии близком к естественному. Замораживание с помощью жидкого азота проводится в специальных приборах при высоком давлении в 2100 бар, которое подавляет образование и рост кристаллов, а низкотемпературное обездвиживание под давлением предотвращает повреждение структуры клеток так, что сохраняется форма и взаиморасположение всех клеточных компонентов. Использование криофиксации до недавних пор было ограничено модельными организмами, однако очевидные преимущества криофиксации сделают ее в ближайшее время стандартом для фиксации нематод и других водных организмов. В лекции рассматриваются методы исследований, основанные на криофиксированных образцах и возможности каждого из методов для исследований беспозвоночных. Специально рассматриваются относительно простые и «бюджетные» способы получения криофиксированных образцов, такие как Self-Pressurised Rapid Freezing (SPRF) и Rapid freezing – freeze substitution (RF – FS). Основано на личном опыте автора и изучении современной методической литературы.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ .....                                                                                                             | 4  |
| ГЛУБОКОВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ МИРОВОГО ОКЕАНА.....                                                                                | 13 |
| А.В. Адрианов                                                                                                                           |    |
| СЕНСОРНЫЙ АППАРАТ ПРОТОНИМФОНОВ <i>PUYNOGONUM LITORALE</i> .....                                                                        | 14 |
| Н.В. Алексеева, Н.Н. Шунатова                                                                                                           |    |
| ФИЛОГЕНИЯ MESOZOA .....                                                                                                                 | 15 |
| В.В. Алёшин, Г.С. Слюсарев, К.В. Михайлов, Л.Ю. Русин, О.В. Попова, Л.Л. Мороз, О.А. Зверков, В.А. Любецкий                             |    |
| ПРИМЕНЕНИЕ КОНФОКАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ ЛАЗЕРНОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ЦИКЛОСТОМНЫХ МШАНОК (BRYOZOA, STENOЛАЕМАТА)..... | 16 |
| Е.В. Беликова, А.Н. Островский                                                                                                          |    |
| КЛЕТКИ ПОЛОСТИ ТЕЛА <i>ORHELIA LIMACINA</i> (RATHKE, 1843) (ORHELIDAE, ANNELIDA) .....                                                  | 17 |
| П.А. Белова, А.Н. Анисенко                                                                                                              |    |
| ИЗУЧЕНИЕ КОГТЕЙ ТАРЗАЛЬНЫХ ЧЛЕНИКОВ ARANEA МЕТОДОМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ .....                                            | 18 |
| А.В. Беспярых, С.В. Кузнецова                                                                                                           |    |
| ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АРЕАЛА КАМЧАТСКОГО КРАБА В НОВОМ МЕСТЕ ОБИТАНИЯ (БАРЕНЦЕВО МОРЕ) .....                            | 19 |
| В.А. Бизиков, М.В. Переладов, А.И. Буяновский, Д.О. Алексеев, Л.К. Сидоров                                                              |    |
| ЗАГАДКИ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МОЗГА ЦЕСТОД.....                                                                         | 20 |
| Н.М. Бисерова                                                                                                                           |    |
| ЭНДОПАРАЗИТИЧЕСКИЕ ЛИЧИНКИ МОРСКОГО ПАУКА <i>PHOXICHILIDIUM FEMORATUM</i> (RATHKE, 1799) (PUYNOGONIDA: PHOXICHILIDIDAE).....            | 21 |
| Е.В. Богомоллова                                                                                                                        |    |
| ВНУТРИПОРОЩИЦЕВЫЕ - ЭПИБИОНТЫ СИПУНКУЛИД .....                                                                                          | 22 |
| А.О. Борисанова                                                                                                                         |    |
| У ОБЫКНОВЕННЫХ ГУБОК ТОЖЕ ЕСТЬ PARANOX, ИЛИ СИСТЕМА ГОМЕОБОКСНЫХ ГЕНОВ <i>HALISARCA DUJARDINI</i> (DEMOSPONGIAE).....                   | 23 |
| И.Е. Борисенко, А.В. Ересковский                                                                                                        |    |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ СИМБИОНТОВ КОРАЛЛОВ В АКВАКУЛЬТУРЕ .....                                                            | 24 |
| Т.А. Бритаев                                                                                                                            |    |
| ГЕРМАФРОДИТИЗМ И ИНТЕРСЕКСУАЛЬНОСТЬ У <i>CLAVA MULTICORNIS</i> (HYDROZOA, CNIDARIA).....                                                | 25 |
| Ю.А. Бурмистрова, И.А. Косевич                                                                                                          |    |
| РАЗНООБРАЗИЕ И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АНТЕННАЛЬНЫХ СЕНСИЛ ИМАГО СКОРПИОННИЦ (INSECTA: MECOPTERA).....                                | 26 |
| М.Ю. Валуйский                                                                                                                          |    |

|                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ГЛУБОКОВОДНЫЕ НОВОСТИ, ИЛИ НУЖНЫ ЛИ НАМ 95% ОБИТАЕМОЙ БИОСФЕРЫ...                                                                                    | 27 |
| А.Л. Верещака, Д.Н. Кулагин, А.А. Лунина                                                                                                             |    |
| ЭВОЛЮЦИЯ ГЕНОВ <i>BRACHYURY</i> У КОЛОНИАЛЬНОГО ГИДРОИДНОГО ПОЛИПА <i>DYNAMENA PUMILA</i> .....                                                      | 28 |
| А.А. Ветрова, Т.С. Багаева, Д.М. Купаева, Ю.А. Краус, С.В. Кремнёв                                                                                   |    |
| УЛЬТРАСТРУКТУРА ГЛАЗ ПОЛИХЕТ СЕМЕЙСТВА OWENIIDAE .....                                                                                               | 29 |
| С.С. Водопьянов, Тим вон Палубицкий, Гюнтер Пуршке                                                                                                   |    |
| ОБЩЕЕ И ТОНКОЕ СТРОЕНИЕ КНИДОСАКОВ <i>AEOLIDIA PAPILLOSA</i> , <i>EUBRANCHIUS RUPPIUM</i> И <i>TENELLIA VIRIDIS</i> (GASTROPODA: NUDIBRANCHIA) ..... | 30 |
| О.А. Воробьева, И.А. Екимова, В.В. Малахов                                                                                                           |    |
| ФОРМИРОВАНИЕ БАЗОВОГО ПЛАНА СТРОЕНИЯ В НЕЙРОГЕНЕЗЕ ТРОХОФОРНЫХ ЖИВОТНЫХ.....                                                                         | 31 |
| Е.Е. Воронежская                                                                                                                                     |    |
| ЗАГАДКИ ОРГАНИЗАЦИИ РАДУЛЫ У МОЛЛЮСКОВ – АПЛАКОФОР .....                                                                                             | 32 |
| Е.В. Ворцепнева                                                                                                                                      |    |
| МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РЕВИЗИИ ГРУППЫ ВИДОВ <i>SCAPHOLEBERIS KINGII</i> В ТРОПИКАХ СТАРОГО СВЕТА И АВСТРАЛИИ.....                  | 33 |
| П.Г. Гарибян                                                                                                                                         |    |
| ФАУНА ГЛУБОКОВОДНЫХ ЖЕЛОБОВ МИРОВОГО ОКЕАНА: ЧТО НОВОГО? .....                                                                                       | 34 |
| А.В. Гебрук                                                                                                                                          |    |
| КАЛЬМАР <i>GONATUS FABRICII</i> (CERHALOPODA) – НА ВЕРШИНЕ ТРОФИЧЕСКОЙ ЦЕПИ АРКТИКИ: АНАЛИЗ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ В КЛЮВАХ .....                       | 35 |
| А.В. Голиков, Ф.Р. Цейя, Р.М. Сабиров, З.И. Зарипова, М.Э. Блихер, Д.В. Захаров, Дж.К.К. Ксавьер                                                     |    |
| ГЕЛЬМИНТЫ ПЕЛАГИЧЕСКИХ И ЭВРИБАТНЫХ РЫБ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА.....                                                                     | 36 |
| И.И. Гордеев, С.Г. Соколов                                                                                                                           |    |
| ПАРАЗИТАРНЫЕ СИСТЕМЫ И ПОПУЛЯЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПАРАЗИТ-ХОЗЯИН.....                                                       | 37 |
| А.И. Гранович                                                                                                                                        |    |
| О ТРЕХ УДИВИТЕЛЬНЫХ ВИДАХ, НЕ НАШЕДШИХ СВОЕГО МЕСТА В КЛАССИФИКАЦИИ ANTHOZOA (ОШИБКИ ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ МАРКЕРОВ).....  | 38 |
| С.Д. Гребельный                                                                                                                                      |    |
| ВОЗДЕЙСТВИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РОСТ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГИДРОИДА <i>DYNAMENA PUMILA</i> (L., 1758) .....              | 39 |
| В.С. Дементьев, Н.Н. Марфенин                                                                                                                        |    |
| МОРФОЛОГИЯ И МИКРОАНАТОМИЯ СТИЛЕТНЫХ ЦЕРКАРИЙ (TREMATODA: XIPHIIDOSCERCARIAE, LUHE, 1909) .....                                                      | 40 |
| С.А. Денисова, С.В. Щенков                                                                                                                           |    |
| УЛЬТРАСТРУКТУРА ГАСТРОДЕРМИСА <i>GEOCENTROPHORA WAGINI</i> (LECITHOERITHELATA, PLATHELMINTHES).....                                                  | 41 |
| И.М. Дробышева                                                                                                                                       |    |

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО АНАТОМИИ ГЛУБОКОВОДНЫХ КИШЕЧНОДЫШАЩИХ (HEMICHORDATA: ENTEROPNEUSTA, TORQUARATORIDAE).....                    | 42 |
| О.В. Ежова, А.И. Лукиных, С.В. Галкин, А.В. Гебрук, В.В. Малахов                                                             |    |
| ФИЛОГЕОГРАФИЯ ГОЛОЖАБЕРНЫХ МОЛЛЮСКОВ РОДА <i>DENDRONOTUS</i> (GASTROPODA: NUDIBRANCHIA) .....                                | 43 |
| И.А. Екимова, А.Ю. Чичвархин, А.Л. Михлина, Т.И. Антохина, Д.М. Щепетов                                                      |    |
| ДВИЖЕНИЕ ТРОХОФОРНЫХ ЛИЧИНОК АННЕЛИД В ТОЛЩЕ ВОДЫ: МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ .....                                              | 44 |
| В.В. Емельяненко, О.В. Иванова, М.А. Петрова, Н.Н. Римская-Корсакова, А.А. Прудковский                                       |    |
| БИОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АТЛАНТИКИ И СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА.....                                | 45 |
| И.А. Жирков                                                                                                                  |    |
| ДРЕВНЕЙШИЕ КНИДАРИИ: ГРОМКИЕ ОТКРЫТИЯ – ТИХИЕ «ЗАКРЫТИЯ» .....                                                               | 46 |
| А.Ю. Журавлев, Х.А. Гамес Винтанед, Ю.А. Краус                                                                               |    |
| ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ГИДРОПОЛИПОВ (HYDROZOA) БАРЕНЦЕВА МОРЯ.....                                       | 47 |
| Н.Е. Журавлева                                                                                                               |    |
| УЛЬТРАСТРУКТУРА ЭПИДЕРМАЛЬНЫХ СЕНСИЛЛ ТРЕХ ВИДОВ БЕСКИШЕЧНЫХ ТУРБЕЛЛЯРИЙ (ASCOELA) .....                                     | 48 |
| Я.И. Заботин                                                                                                                 |    |
| ОРГАНИЗАЦИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ НЕМЕРТИН .....                                                                                   | 49 |
| О.В. Зайцева, С.А. Петров, А.А. Петров                                                                                       |    |
| ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМАТИКИ.....                                                                    | 50 |
| Р.М. Зелеев                                                                                                                  |    |
| ЭВОЛЮЦИЯ ВЕСЛОНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ — СИМБИОНТОВ МОРСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ И ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ.....                             | 51 |
| В.Н. Иваненко, М.А. Никитин                                                                                                  |    |
| СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СОСТАВЕ ИНФРАОТРЯДА ATHENARIA (ASTINIARIA, ANTHOZOA) .....                                       | 52 |
| Н.Ю. Иванова                                                                                                                 |    |
| МОРФОЛОГИЯ ПОКРОВОВ ПРОАРТИКУЛЯТ (METAZOA ПОЗДНЕГО ДОКЕМБРИЯ) .....                                                          | 53 |
| А.Ю. Иванцов, М.А. Закревская, А.Л. Наговицын                                                                                |    |
| ГИСТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОБАВОЧНЫХ НИДАМЕНТАЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗ ТРЕХ ВИДОВ СЕПИОЛИД РОДА <i>ROSSIA</i> (SERIALOPODA, SEPIOLIDA) ..... | 54 |
| А.И. Ильясова, А.В. Голиков, А.Г. Порфирьев, Р.М. Сабиров                                                                    |    |
| МЕХАНОРЕЦЕПТОРНЫЕ СТРУКТУРЫ В ОСФРАДИЯХ GASTROPODA .....                                                                     | 55 |
| Н.Н. Камардин                                                                                                                |    |
| МАЛАКОЛОГИЯ В ПЕРИОД СМЕНЫ ПАРАДИГМ: ЧЕТВЕРТЬ ВЕКА ИССЛЕДОВАНИЙ ХИЩНЫХ МОРСКИХ БРЮХОНОГИХ CONOIDEA.....                      | 56 |
| Ю.И. Кантор                                                                                                                  |    |
| ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАСТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ МШАНОК И ИХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СИМБИОНТОВ.....                        | 57 |
| Н.П. Карагодина, А.Э. Вишняков, О.Н. Котенко, А.Л. Мальцева, А.Н. Островский                                                 |    |

|                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ СИБОГЛИНИД (ANNELIDA: SIBOGLINIDAE) И АНАЛИЗ ИХ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО И БАТИМЕТРИЧЕСКОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ..... | 58 |
| Н.П. Карасева, Н.Н. Римская-Корсакова, И.А. Екимова, Веденин А.А., Галкин С.В., В.В. Малахов                                                                   |    |
| ГРАНИЦЫ ЦАРСТВА ГРИБЫ И ПРОБЛЕМА ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЯ .....                                                                                                        | 59 |
| С.А. Карпов                                                                                                                                                    |    |
| ПЕРЕОПИСАНИЕ МОРФОЛОГИИ <i>MOINA AUSTRALIENSIS</i> SARS, 1896 (CRUSTACEA: CLADOCERA) ПО ДАННЫМ СВЕТОВОЙ МИКРОСКОПИИ .....                                      | 60 |
| А.Г. Кирдяшева, А.Н. Неретина                                                                                                                                  |    |
| РАЗНООБРАЗИЕ МЕХАНИЗМОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ НЕПРЕРЫВНОСТЬ ПОЛОВОЙ ЛИНИИ КЛЕТОК В ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОМ РАЗВИТИИ АННЕЛИД .....                                          | 61 |
| В.В. Козин, Р.П. Костюченко                                                                                                                                    |    |
| ЯВЛЕНИЯ ЗАВИСИМОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПЛАНА СТРОЕНИЯ ТЕЛА У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ SPIRALIA .....                                                            | 62 |
| В.В. Козин, А.Г. Мелентий, А.Ю. Шалаева, Р.П. Костюченко                                                                                                       |    |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ РАКООБРАЗНЫХ ASCOTHORACIDA - РОССИЙСКАЯ ТРАДИЦИЯ, ДОЖИВШАЯ ДО НАШИХ ДНЕЙ .....                                                     | 63 |
| Г.А. Колбасов, А.С. Петрунина                                                                                                                                  |    |
| ЛИЧИНОЧНОЕ РАЗВИТИЕ И МЕТАМОРФОЗ <i>CAOBANGIA BILLETI</i> GIARD 1893 (SABELLIDA, ANNELIDA) .....                                                               | 64 |
| Г.Д. Колбасова, Ю.В. Храмова                                                                                                                                   |    |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНЫ ПАРАТОМИИ У ПРЕСНОВОДНОЙ ОЛИГОХЕТЫ <i>NAIS COMMUNIS</i> (OLIGOSCHAETA: NAIDIDAE) .....                                                       | 65 |
| Н.И. Колосов, Р.П. Костюченко                                                                                                                                  |    |
| ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ОТЛИЧИЯ, МОРФОЛОГИЯ И ФИЛОГЕНИЯ КОПЕПОДЫ СЕМЕЙСТВА LAMIPPIDAE – ГАЛЛООБРАЗУЮЩЕГО ПАРАЗИТА <i>GORGONIA VENTALINA</i> .....                        | 66 |
| О.А. Коржавина, М.А. Никитин, В.Н. Иваненко                                                                                                                    |    |
| УЛЬТРАСТРУКТУРА ЦИРТОЦИТОВ <i>NOTENTERA IVANOVI</i> (TURBELLARIA, FESAMPIDAE) – НОВЫЙ ФИЛЬТРУЮЩЕ- СЕКРЕТОРНЫЙ АППАРАТ .....                                    | 67 |
| Е.Е. Корнакова                                                                                                                                                 |    |
| ООГЕНЕЗ У <i>ECTOPLEURA</i> : РОЛЬ ИНТЕРСТИЦИАЛЬНЫХ КЛЕТОК .....                                                                                               | 68 |
| И.А. Косевич, Ю.А. Бурмистрова                                                                                                                                 |    |
| К БИОЛОГИИ САМЦОВ КАЛАНОВИДНЫХ КОПЕПОД РОДА <i>CALANUS</i> В АРКТИЧЕСКИХ ВОДАХ .....                                                                           | 69 |
| К.Н. Кособокова                                                                                                                                                |    |
| СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ СУБЛИТОРАЛИ ВЕЛИКОЙ САЛМЫ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ) И АНАЛИЗ ЕЕ ИЗМЕНЕНИЙ ВО ВРЕМЕНИ .....                                         | 70 |
| К.А. Котельников, В.О. Мокиевский, А.Б. Цетлин                                                                                                                 |    |
| ФИЛОГЕОГРАФИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ: ВЕТВИСТОУСЫЕ РАКООБРАЗНЫЕ (CLADOCERA) КАК МОДЕЛЬНАЯ ГРУППА .....                                   | 71 |
| А.А. Котов                                                                                                                                                     |    |
| "НЕТИПИЧНЫЕ" ЛИЧИНКИ-ПЛАНУЛЫ КНИДАРИЙ .....                                                                                                                    | 72 |

|                                                                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ю.А. Краус, Т.Д. Майорова, Б.В. Осадченко                                                                                                                                                                           |    |
| ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ МИКРОТОМОГРАФИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ .....                                                                                                        | 73 |
| Г.А. Кремнев, Л.Ю. Крючкова, С.В. Щенков, А.А. Миролубов, В.А. Калашникова, В.В. Лебеденков                                                                                                                         |    |
| МОРФОЛОГИЯ И 3D РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМ ОРГАНОВ <i>OSCHETOSTOMA</i> SP. КАК КЛЮЧ К ПОНИМАНИЮ БИОЛОГИИ ЭХИУРИД .....                                                                                                    | 74 |
| П.А. Кузнецов, Е.Н. Темерева                                                                                                                                                                                        |    |
| ФОРМИРОВАНИЕ ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ БРАХИОПОД.....                                                                                                                                                                        | 75 |
| Т.В. Кузьмина, В.В. Малахов, Е.Н. Темерева                                                                                                                                                                          |    |
| ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОБЕГА ГИДРОИДНОГО ПОЛИПА <i>DYNAMENA PUMILA</i> (LINNAEUS, 1758) .....                                                                                                       | 76 |
| Д.М. Купаева, С.В. Кремнёв                                                                                                                                                                                          |    |
| ПРОЦЕССЫ БЕСПОЛОГО РАЗМНОЖЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ГОНАДОПОДОБНЫХ СТРУКТУР У <i>PRISTINA LONGISETA</i> (OLIGOSCHAETA, ANNELIDA).....                                                                                     | 77 |
| Е.Е. Купряшова, Р.П. Костюченко                                                                                                                                                                                     |    |
| МИТОХОНДРИАЛЬНЫЙ ГЕНОМ ПРЕСНОВОДНОЙ МШАНКИ <i>CRISTATELLA MUCEDO</i> (BRYOZOA: PHYLASTOLAEMATA).....                                                                                                                | 78 |
| В.А. Кутюмов, А.Л. Мальцева, В.В. Старунов, А.Н. Островский                                                                                                                                                         |    |
| НОВЫЕ ДАННЫЕ О БИОГЕОГРАФИИ ПЕРМСКОГО СЕМЕЙСТВА АММОНОИДЕЙ PERRINITIDAE .....                                                                                                                                       | 79 |
| Т.Б. Леонова                                                                                                                                                                                                        |    |
| ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЗНЕННЫХ ЦИКЛОВ ИСКОПАЕМЫХ БРАХИОПОД.....                                                                                                                                 | 80 |
| А.А. Мадисон, Т.В. Кузьмина                                                                                                                                                                                         |    |
| ЗООЛОГИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ И ЗАВТРА .....                                                                                                                                                              | 81 |
| В.В. Малахов                                                                                                                                                                                                        |    |
| ПОЛИПЛОИДНОСТЬ ПРЕДКА ЭУКАРИОТ КАК КЛЮЧ К ПОНИМАНИЮ ПРОИСХОЖДЕНИЯ МИТОЗОА И МЕЙОЗОА.....                                                                                                                            | 82 |
| А.В. Марков                                                                                                                                                                                                         |    |
| УПОРЯДОЧЕННОСТЬ И ПРОТЯЖЕННОСТЬ ТЕЧЕНИЙ ГИДРОПЛАЗМЫ В КОЛОНИАЛЬНОМ ГИДРОИДЕ <i>DYNAMENA PUMILA</i> (L., 1758).....                                                                                                  | 83 |
| Н.Н. Марфенин, В.С. Дементьев                                                                                                                                                                                       |    |
| ДИСТАЛЬНЫЙ ПУЛЬСАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС У КОЛОНИАЛЬНОГО ГИДРОИДА <i>GONOTHYRAEA LOVENI</i> (ALLMAN, 1859) .....                                                                                                            | 84 |
| Н.Н. Марфенин, В.С. Дементьев, В.В. Кожара                                                                                                                                                                          |    |
| МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕАЛИЗАЦИИ СЕГМЕНТИРОВАННОГО ПЛАНА СТРОЕНИЯ В ХОДЕ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ПОЛИХЕТЫ <i>ALITTA VIRENS</i> .....                                                               | 85 |
| А.Г. Мелентий, Р.П. Костюченко, В.В. Козин                                                                                                                                                                          |    |
| ПРЯМОЙ КОНТАКТ ПАРАЗИТА С НЕРВНОЙ СИСТЕМОЙ ХОЗЯИНА КАК ОДИН ИЗ АСПЕКТОВ ПАРАЗИТО-ХОЗЯИНСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА ПРИМЕРЕ КОРНЕГОЛОВЫХ РАКООБРАЗНЫХ (CIRRIPEDIA: RHIZOSERHALA) И ИХ ХОЗЯЕВ (CRUSTACEA: DECAPODA) ..... | 86 |

|                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| А.А. Миролюбов, А.Д. Лянгузова, С.А. Илюткин, М.А. Нестеренко, А.А. Добровольский<br>ПОЧЕМУ ПАРАЗИТЫ ЖИВУТ ГРУППАМИ: ПОТРЕБНОСТЬ В КООПЕРАЦИИ ИЛИ<br>БРЕШИ В ОБОРОНЕ ХОЗЯЕВ? .....             | 87 |
| В.Н. Михеев, А.Ф. Пастернак<br>БУККАЛЬНОЕ ВООРУЖЕНИЕ ГОЛОЖАБЕРНЫХ МОЛЛЮСКОВ: ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ<br>АСПЕКТ.....                                                                                     | 88 |
| А.Л. Михлина, И.А. Екимова, Е.Д. Никитенко, Е.В. Ворцепнева, А.Б. Цетлин<br>НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГУБКАМ (PORIFERA) ЦЕНТРАЛЬНЫХ МОРЕЙ РОССИЙСКОЙ<br>АРКТИКИ.....                                     | 89 |
| Г.С. Морозов, Р.М. Сабилов, О.Л. Зимина<br>ВАРИАНТ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОРСКИХ ПАУКОВ (ARTHROPODA:<br>PUSNOGONIDA).....                                                                    | 90 |
| Е.И. Мясникова, Р.М. Зелеев<br>СЛОЖНЫЙ ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ: МНОЖЕСТВО ФЕНОТИПОВ НА БАЗЕ ОДНОГО<br>ГЕНОМА.....                                                                                       | 90 |
| М.А. Нестеренко, В.В. Старунов, С.В. Щенков, А.А. Добровольский, К.В. Халтурин<br>МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗВЕСТКОВЫХ ГУБОК ОТ ГЕККЕЛЯ ДО<br>НАШИХ ДНЕЙ .....                            | 92 |
| Е.А. Нефедова<br>ПРОЦЕССЫ РЕГЕНЕРАЦИИ И ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГОНАД У<br><i>ENCHYTRAeus CORONATUS</i> (ENCHYTRAeIDAE, OLIGOSCHAETA) .....                                                 | 93 |
| Д.Д. Никанорова, Р.П. Костюченко<br>СПИКУЛЬНЫЙ АППАРАТ ГОЛОЖАБЕРНЫХ МОЛЛЮСКОВ НА ПРИМЕРЕ<br>ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА ONCHIDORIDAE (MOLLUSCA, NUDIBRANCHIA,<br>DORIDACEA).....                  | 94 |
| Е.Д. Никитенко, Е.В. Ворцепнева<br>НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ДИАПАУЗЫ ПРЕСНОВОДНЫХ ГАРПАКТИКОИД<br>(CORERODA, HARPACTICOIDA) В ПОЛНОСТЬЮ ПРОМЕРЗАЮЩИХ ТУНДРОВЫХ<br>ВОДОЕМАХ ДЕЛЬТЫ Р. ЛЕНЫ..... | 95 |
| А.А. Новиков, Е.Н. Абрамова, Р.М. Сабилов<br>ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ГОЛОПЕЛАГИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕДУЗЫ <i>AGLANTHA</i><br><i>DIGITALE</i> .....                                                        | 96 |
| Б.В. Осадченко, Ю.А. Краус, И.А. Косевич<br>НАРУШАЯ ПРАВИЛА: ЭВОЛЮЦИЯ ПАРАДОКСАЛЬНОЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ<br>СТРАТЕГИИ У ФОРОНИД.....                                                                | 97 |
| Е.Н. Темерева А.Н. Островский<br>РЕГЕНЕРАЦИЯ ХОДИЛЬНЫХ НОГ У МОРСКОГО ПАУКА <i>NYMPHON BREVIROSTRE</i><br><i>HODGE, 1863</i> (PUSNOGONIDA).....                                                | 98 |
| М.А. Петрова, Е.В. Богомоллова<br>МИНИАТЮРНАЯ ЛИЧИНКА-ТАНТУЛЮС ИЗ КУРИЛО-КАМЧАТСКОГО ЖЕЛОБА<br>РАСКРЫВАЕТ СЕКРЕТЫ ВНУТРЕННЕГО УСТРОЙСТВА РАКООБРАЗНЫХ КЛАССА<br>TANTULOCARIDA .....            | 99 |
| А.С. Петрунина, Г.А. Колбасов                                                                                                                                                                  |    |

|                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕШНЕЙ МОРФОЛОГИИ ГОЛОВНОГО КОНЦА И ЕГО ПРИДАТКОВ У АННЕЛИД СЕМЕЙСТВ SABELLIDAE И FABRICIIDAE.....                                     | 100 |
| Т.П. Пименов, Н.Н. Римская-Корсакова                                                                                                                 |     |
| 3D РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЛОСТИ ТЕЛА У <i>NOVOCRANIA ANOMALA</i> (BRACHIOPODA, CRANIIFORMEA).....                                                           | 101 |
| Ф.А. Пландин, Е.Н. Темерева                                                                                                                          |     |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВОПРОСОВ ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ФИЛОГЕНИИ МОНОГЕНЕЙ (PLATYHELMINTHES).102                         |     |
| Л.Г. Поддубная                                                                                                                                       |     |
| МЕРКУРИЙ СЕРГЕЕВИЧ ГИЛЯРОВ – АВТОР ОСНОВОПОЛАГАЮЩЕЙ РАБОТЫ В ОБЛАСТИ МАКРОЭКОЛОГИИ И АНАЛИЗА РАЗМЕРНЫХ СПЕКТРОВ .....                                | 103 |
| Л.В. Полищук                                                                                                                                         |     |
| ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТРУКТУРЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА У ГИДРОИДНЫХ <i>SARSIA LOVENII</i> В БЕЛОМ МОРЕ .....                                                        | 104 |
| А.А. Прудковский, Т.В. Неретина, И.А.Екимова                                                                                                         |     |
| ВЛИЯНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ ТИХОХОДОК <i>MILNESIUM TARDIGRADUM</i> и <i>HYBSIBIUS SP.</i> .....                                 | 105 |
| А.Р. Прыткова, Н.М. Бисерова                                                                                                                         |     |
| СТРЕКАТЕЛЬНЫЕ КЛЕТКИ <i>POLYPODIUM HYDRIFORME</i> КАК ЭТАП ЭВОЛЮЦИИ КНИДОЦИТОВ В ТИПЕ CNIDARIA .....                                                 | 106 |
| Е.В. Райкова                                                                                                                                         |     |
| НЕЙРО-МУСКУЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРЯМОКИШЕЧНЫХ ТУРБЕЛЛЯРИЙ С РОЗЕТКОВИДНОЙ ГЛОТКОЙ .....                                                                     | 107 |
| О.И. Райкова, Е.А. Котикова, Е.М. Коргина                                                                                                            |     |
| НЕЙРОАНАТОМИЯ ПОГОНОФОР <i>SIBOGLINUM FIORDICUM</i> И <i>OLIGOBRACHIA NAKONMOSBIENSIS</i> : ЧТО НОВОГО В ИССЛЕДОВАНИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ АННЕЛИД? ..... | 108 |
| Н.Н. Римская-Корсакова, В.Н. Кокарев, И.А. Екимова, Н.П. Карасева, С.В. Галкин, В.В. Малахов                                                         |     |
| ОСОБЕННОСТИ РАННЕГО РАЗВИТИЯ <i>MYTILUS EDULIS</i> (MOLLUSCA, BIVALVIA) В ПРИМЕНЕНИИ К БИОТЕСТИРОВАНИЮ .....                                         | 109 |
| Д.М. Саидов, И.А. Косевич                                                                                                                            |     |
| К ВОПРОСУ ОБ УЛЬТРАСТРУКТУРЕ ЯДЕРНОГО АППАРАТА НЕЙРОНОВ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ГАНГЛИЯ СКРЕБНЯ <i>ECHINORHYNCHUS GADI</i> (ACANTHOCERHALA) .....              | 110 |
| М.М. Сальникова, А.И. Голубев, Л.В. Малютина                                                                                                         |     |
| <i>MOXELELLA INTERMEDIA</i> – "НЕДОСТАЮЩЕЕ ЗВЕНО" МЕЖДУ КОЛЬПОДЕЛЛИДАМИ И СПОРОВИКАМИ? .....                                                         | 111 |
| Т.Г. Симдянов, Г.Г. Паскерова                                                                                                                        |     |
| ВЕТВИСТОУСЫЕ РАКИ (CLADOCERA) КОМПЛЕКСА <i>ALONA AFFINIS</i> (LEYDIG, 1860) НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ ПАЛЕАРКТИКИ.....                                 | 112 |
| А.Ю. Синев                                                                                                                                           |     |
| НОВЫЙ ВИД ВЕТВИСТОУСЫХ РАКОВ (CLADOCERA) ИЗ ДРЕВНЕЙШЕГО ЕВРОПЕЙСКОГО ОЗЕРА ОХРИД.....                                                                | 113 |

|                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| А.Ю. Синев, Ч. Лопес-Бланко                                                                                                                      |     |
| САМЦЫ И ГАМОГЕНЕТИЧЕСКИЕ САМКИ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ (CLADOCERA) ИЗ ВОДОЕМОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА КАТТЪЕН, ЮЖНЫЙ ВЬЕТНАМ .....                | 114 |
| А.Ю. Синев, И.И. Семенюк                                                                                                                         |     |
| СИСТЕМАТИКА ПАРАЗИТИЧЕСКИХ НЕМАТОД: ПРОБЛЕМЫ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ .....                                                                        | 115 |
| С.Э. Спиридонов                                                                                                                                  |     |
| ИЗУЧЕНИЕ ЦЕЛОМОЦИТОВ МОРСКИХ АННЕЛИД С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИММУННЫХ ФУНКЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ПЕСКОЖИЛА <i>ARENICOLA MARINA</i> ) .....                       | 116 |
| М.В. Становова, И.А. Косевич                                                                                                                     |     |
| СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОСТА И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ ОФИУРЫ <i>ORNIASANTHA BIDENTATA</i> (RETZIUS, 1805) В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ И МОРЕ ЛАПТЕВЫХ ..... | 117 |
| Е.А. Стратаненко, С.Г. Денисенко                                                                                                                 |     |
| КЛЕТОЧНЫЕ ОСНОВЫ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ СТРОБИЛЯЦИЮ SCYRHOZOA .....                                                         | 118 |
| А.В. Сухопутова, Ю.А. Краус                                                                                                                      |     |
| ОНТОГЕНЕЗ ФОРОНИД И ПРОБЛЕМА ИСХОДНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА VILATERIA .....                                                                          | 119 |
| Е.Н. Темерева, Е.В. Богомолова, Т.В. Кузьмина                                                                                                    |     |
| ИЗОТОПНАЯ УНИКАЛЬНОСТЬ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-РЕДКИЕ ВИДЫ.....                                                                                          | 120 |
| А.В. Тиунов                                                                                                                                      |     |
| АНАТОМИЯ МОРСКИХ НЕМАТОД: КОНФОКАЛЬНАЯ МИКРОСКОПИЯ ИЛИ ТЕМ?.....                                                                                 | 121 |
| М.А. Федяева                                                                                                                                     |     |
| РАННИЙ НЕЙРОГЕНЕЗ АРХИАННЕЛИД: СХОДСТВА И ОТЛИЧИЯ В РЯДУ LORNOTROCHAZOA.....                                                                     | 122 |
| Е.Г. Фофанова, Т.Д. Майорова, Е.Е. Воронежская                                                                                                   |     |
| РАЗВИТИЕ И МЕТАМОРФОЗ ПЛАНУЛОПОДОБНЫХ ПОЧЕК <i>CASSIOPEIA HAMACHANA</i> (CNIDARIA: SCYRHOZOA) .....                                              | 123 |
| В.Р. Хабибулина                                                                                                                                  |     |
| КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛОГО МОРЯ: ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ .....                                                                                  | 124 |
| А.Б. Цетлин, В.О. Мокиевский, А.И. Исаченко                                                                                                      |     |
| ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О РАЗМНОЖЕНИИ БАТИАЛЬНЫХ МОЛЛЮСКОВ РОДА <i>RINGICULOIDES</i> MINICHEV, 1966 (GASTROPODA: HETEROBRANCHIA) .....                     | 125 |
| Е.М. Чабан, Е.В. Солдатенко                                                                                                                      |     |
| ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА НЕКОТОРЫХ БЕЛОМОРСКИХ НЕМЕРТИН.....                                                                                      | 126 |
| И.А. Чернева, И.А. Екимова, В.В. Малахов                                                                                                         |     |
| СООБЩЕСТВА НЕМАТОД И МЕЙОФАУНЫ ГЛУБОКОВОДНЫХ ОСАДКОВ ОКЕАНА...127                                                                                |     |
| А.В. Чесунов                                                                                                                                     |     |
| ИССЛЕДОВАНИЕ МИТОТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ЗАДНЕЙ РЕГЕНЕРАЦИИ БЕЛОМОРСКОЙ ПОЛИХЕТЫ <i>ALITTA VIRENS</i> .....                                      | 128 |
| А.Ю. Шалаева, Р.П. Костюченко, В.В. Козин                                                                                                        |     |

|                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| КОЖНЫЕ ЭКСКРЕТОРНЫЕ ОРГАНЫ – НОВЫЙ ТРЕНД ЭВОЛЮЦИИ ИЛИ ДРЕВНИЙ ПРИЗНАК ВОДЯНЫХ КЛЕЩЕЙ (ACARIFORMES, HYDRACHNIDIA).....                                                      | 129 |
| А.Б. Шатров                                                                                                                                                                |     |
| УЛЬТРАСТРУКТУРА ЖЕНСКИХ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК НЕООФОРНЫХ ТУРБЕЛЛЯРИЙ В ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОМ АСПЕКТЕ .....                                                                             | 130 |
| Е.Е. Шафигуллина, Я.И. Заботин                                                                                                                                             |     |
| СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ООГЕНЕЗА СНЕИЛОСТОМАТА .....                                                                                                                  | 131 |
| Е.Т. Шевченко А.Н. Островский                                                                                                                                              |     |
| ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ОСТРАКОДАМИ РОДА <i>LORHOSYTHERE</i> ИЗ СРЕДНЕРУССКОГО МОРЯ ЮРСКОГО ПЕРИОДА (КЕЛЛОВЕЙСКИЙ ВЕК) .....                                          | 132 |
| Я.А. Шурупова, Е.М. Тесакова                                                                                                                                               |     |
| ПРОИСХОЖДЕНИЕ НАСЕКОМЫХ И МНОГОНОЖЕК .....                                                                                                                                 | 133 |
| Д.Е. Щербаков                                                                                                                                                              |     |
| СВЯЗАНЫ ЛИ МЕХАНИЗМЫ РЕПРОДУКТИВНОЙ ИЗОЛЯЦИИ КАЛЯНОИДНЫХ КОПЕПОД <i>CALANUS GLACIALIS</i> И <i>C. FINMARCHICUS</i> СО СТРОЕНИЕМ ГЕНИТАЛЬНЫХ СТРУКТУР ВЗРОСЛЫХ САМОК? ..... | 134 |
| Д.А. Юрикова                                                                                                                                                               |     |
| ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ ХХІ ВЕКА: МЕТОДЫ КРИОФИКСАЦИИ В ИССЛЕДОВАНИИ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ .....                                                                                  | 135 |
| В.В. Юшин                                                                                                                                                                  |     |

## ЗООЛОГИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ - НОВЫЙ ВЕК

материалы конференции, посвященной 160-летию Кафедры зоологии беспозвоночных  
Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (19-21 декабря 2018 г.), под ред. В.В.  
Малахова, И.И. Гордеева, 2018, 145 с.

ISBN 978-5-600-02326-0

© Коллектив авторов, 2018