

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА  
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
БЕЛОМОРСКАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ ИМЕНИ Н.А. ПЕРЦОВА  
ЦЕНТР МОРСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МГУ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

**МАТЕРИАЛЫ**  
**ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,**  
посвященной 85-летию  
Беломорской биостанции им. Н.А. Перцова,  
15-17 сентября 2023 года



Москва

2023

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА  
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
БЕЛОМОРСКАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ ИМЕНИ Н.А. ПЕРЦОВА  
ЦЕНТР МОРСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МГУ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА**

**МАТЕРИАЛЫ  
ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

**посвященной 85-летию  
Беломорской биостанции им. Н.А. Перцова,  
15-17 сентября 2023 года**

**Москва  
2023**

УДК: 551 +574 + 592

**Сборник материалов всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 85-летию Беломорской биостанции им. Н.А. Перцова Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2023 – 220 с.**

**ISBN 978-5-907747-09-8.**

В сборник материалов конференции, посвященной 85-летию Беломорской биостанции имени Николая Андреевича Перцова (ББС МГУ), вошли тезисы участников конференции, подготовленные ими по материалам представленных докладов. На конференции и сборнике приведены результаты исследований в различных областях биологии (зоология беспозвоночных и орнитология, исследования биоразнообразия, связей организмов с условиями среды, эмбриологии и морфогенеза, паразитизма и симбиоза, феномена колониальности), а также геологии, гидрологии и географии. Большинство работ выполнено на Белом море, многие из них на ББС МГУ, или в других северных регионах.

© ББС им. Н.А. Перцова, Биологический факультет МГУ, 2023

© Т-во научных изданий КМК, 2023

Эмблема юбилейной конференции: А.Л. Михлина

Рисунок волны: [www.artfile.ru](http://www.artfile.ru)

Подготовка макета: Е.Н. Бубнова, при содействии Decollage ([decollage.ru](http://decollage.ru))

Редакция: Е.Н. Бубнова, А.Л. Михлина, Е.Д. Краснова, А.Э Жадан,

А.С. Савченко, Т.А. Рогатых

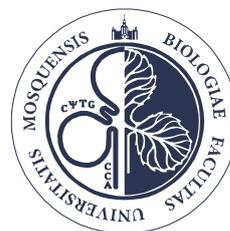
## ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ



### **ББС МГУ**

Беломорская биостанция им. Н.А.  
Перцова

[wsbs-msu.ru](http://wsbs-msu.ru)



### **Биофак МГУ**

Биологический факультет МГУ им.  
М.В. Ломоносова

[bio.msu.ru](http://bio.msu.ru)



### **МГУ им. М.В. Ломоносова**

Московский государственный  
университет им. М.В. Ломоносова

[msu.ru](http://msu.ru)



### **ЦМИ МГУ**

Центр Морских Исследований  
Московского государственного  
Университета им. М.В. Ломоносова

[marine-rc.ru](http://marine-rc.ru)

## СПОНСОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ



[biovitrum.ru](http://biovitrum.ru)



**РОСНЕФТЬ**

[www.rosneft.ru](http://www.rosneft.ru)

## ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

|                  |   |   |
|------------------|---|---|
| М.П. Кирпичников | Председатель<br>оргкомитета   | академик РАН, декан биологического<br>факультета МГУ<br>имени М.В. Ломоносова                                       |
| А.Б. Цетлин      | Сопредседатель<br>оргомитета,<br>председатель<br>программного<br>комитета | профессор, директор ББС МГУ   |
| А.М. Рубцов      | Сопредседатель<br>оргкомитета   | профессор, заместитель декана<br>биологического факультета МГУ  |
| А.И. Гранович    | Сопредседатель<br>оргкомитета   | профессор, заведующий кафедрой<br>зоологии беспозвоночных Санкт-<br>Петербургского государственного<br>университета |
| А.А. Сухотин     | Сопредседатель<br>оргкомитета   | к.б.н., директор Беломорской<br>биологической станции Зоологического<br>института РАН «Картеш»                      |
| М.В. Флинт       | Сопредседатель<br>оргкомитета   | академик, научный руководитель<br>направления Экология морей и океанов<br>Института океанологии РАН                 |
| А.С. Савченко    | Ответственный<br>секретарь<br>оргкомитета                                 | к.б.н., старший научный сотрудник<br>кафедры зоологии беспозвоночных<br>биологического факультета МГУ               |

## ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА И ПРОГРАММНОГО КОМИТЕТА

|              |                  |   |
|--------------|------------------|---|
| П.А. Белова  | Член оргкомитета | к.б.н., старший преподаватель кафедры<br>зоологии беспозвоночных<br>биологического факультета МГУ |
| Е.Н. Бубнова | Член оргкомитета | к.б.н., научный сотрудник ББС МГУ   |

|                  |  |   |
|------------------|--|---|
| Е.В. Ворцепнева  | Член оргкомитета                             | д.б.н., старший научный сотрудник кафедры зоологии беспозвоночных биологического факультета МГУ |
| А.Э Жадан        | Член оргкомитета                             | к.б.н., старший научный сотрудник ББС МГУ   |
| Г.А. Колбасов    | Член программного комитета                   | д.б.н., ведущий научный сотрудник ББС МГУ   |
| Е.Д. Краснова    | Член оргкомитета, член программного комитета | к.б.н., старший научный сотрудник ББС МГУ   |
| А.Л. Михлина     | Член оргкомитета                             | к.б.н., инженер ББС МГУ   |
| Т.В. Неретина    | Член программного комитета                   | к.б.н., научный сотрудник ББС МГУ   |
| Е. М. Несмеянова | Член оргкомитета                             | специалист ЦМИ МГУ  |
| Т.А. Рогатых     | Член оргкомитета                             | библиотекарь ББС МГУ  |
| М.Ю. Токарев     | Член программного комитета                   | к.т.н., заместитель декана геологического факультета МГУ  |

# ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО

## ДИРЕКТОРА ББС

Дорогой читатель, перед Вами сборник трудов всероссийской конференции с иностранным участием, посвященной 85-летию Беломорской биологической станции имени Н.А. Перцова. В конференции приняли участие более 120 докладчиков из 74 научных учреждений России и ряда других стран. Наша конференция, как и любая юбилейная конференция, конечно, в большой степени является своеобразным научным отчетом того большого интернационального научного сообщества, которое сложилось за последние годы в ходе работ на нашей биостанции. Но, не в меньшей степени, доклады конференции – это очень интересный срез современного состояния исследований в области биологии моря, экспериментальной биологии, в области изучения огромных пространств побережий Российской Арктики.

Материалы настоящей конференции позволят читателю познакомиться с картиной современных научных исследований в области морской биологии, которые идут на пространствах арктических морей России. Не менее примечательно то, насколько большое внимание привлекает, казалось бы, крохотное по масштабам наших Арктических побережий, Белое море как объект исследований. Это объясняется в первую очередь тем, что это, относительно небольшое море является, во многих отношениях модельным объектом, арктической морской экосистемой с однолетним льдом, на примере которого в меньшем масштабе можно изучать многие процессы, идущие в Арктике.

*Директор ББС им. Н.А. Перцова,  
проф. А.Б. Цетлин*

# Программа конференции ББС-85

14 сентября

## День заезда участников конференции

20:00 – дружеская встреча в конференц-зале

Лекция А. Горяшко: ББС МГУ в контексте истории северных морских биостанций  
А также дружеские песнопения в неформальной обстановке

15 сентября

## Первый день конференции

9:30-11:00 Заседание 1. Пленарное

Длительность  
доклада, мин\*

|  |   |    |
|--|---|----|
| РОСНЕФТЬ   | Вступительное приветствие   | 10 |
| <i>Цетлин А.Б.</i>   | Вступительное слово о ББС и окружающем мире   | 15 |
| <i>Цетлин А.Б.</i>   | Проект 100 лет Дерюгинской съемки   | 15 |
| <i>Цетлин А.Б.,<br/>Жадан А.Э.,<br/>Гордеев И.И. и др.</i>     | Как изменилась фауна Белого моря за сто лет?<br>Первый шаг – анализ видовых списков                     | 15 |
| <i>Неретина Т.В.,<br/>Ежова М.А.,<br/>Безменова А.В. и др.</i> | Внутривидовая и межвидовая изменчивость<br>митохондриальных ДНК представителей<br>беломорской биоты     | 20 |
| <i>Кособокова К.Н.</i>   | Видовой состав зоопланктона Белого моря и<br>парадокс сосуществования арктической и<br>бореальной фауны | 15 |

\*Длительность доклада вместе с вопросами и ответами

11:00-11:30 Кофе-брейк

| 11:30-13:00 Заседание 2. Пленарное  |   |    |
|---|---|----|
| <u>Краснова Е.Д.</u>  | Заливы в изоляции: меромиксия и ее следствия  | 20 |
| <u>Симдянов Т.Г.</u>  | ББС МГУ и эволюция Aricomplexa  | 15 |
| <u>Лавров А.И.</u> ,<br><u>Скоренцева К.В.</u> ,<br><u>Мельников Н.П.</u> и др.                     | Клеточные механизмы репаративной регенерации известковой губки <i>Leucosolenia corallorrhiza</i>  | 15 |
| <u>Рыбалко А.Е.</u> ,<br><u>Токарев М.Ю.</u>  | Ода ББС МГУ за развитие геологических исследований дружественных организаций в Белом море   | 15 |
| <u>Королева Е.Г.</u> ,<br><u>Лихачев А.А.</u> ,<br><u>Орлов М.В.</u> ,<br><u>Королев И.А.</u>       | Биогеографическая практика на морском стационаре: опыт и перспективы  | 15 |
| <u>Назаров П.А.</u>   | Арктические экосистемы: новые подходы к культивированию и исследованию процессов, обуславливающих приспособление микроорганизмов к экстремальным условиям обитания        | 15 |
| 13:00-14:00 Обед  |   |    |
| 14:00-16:30 Заседание 3. ОНЛАЙН   |   |    |
| <u>Герасимова М.А.</u> ,<br><u>Алексеева Н.В.</u> ,<br><u>Ковалев А.А.</u> ,<br><u>Сухотин А.А.</u> | Влияние размера тела на скорость метаболизма и характеристики митохондрий у мидий <i>Mytilus edulis</i> L.  | 15 |
| <u>Борисанова А.О.</u> ,<br><u>Щепетов Д.М.</u>   | <i>Loxosoma aripes</i> (Nielsen 1964) – новая находка внутрипорошицевых в Белом море, которая позволила уточнить диагноз рода <i>Loxosoma</i> (Entoprocta: Loxosomatidae) | 15 |
| <u>Марченков А.В.</u>   | Кандалакшский заповедник. Параллельным курсом или место заповедников в современной науке  | 20 |
| <u>Кузьмина Т.В.</u>  | Особенности развития брахиоподы <i>Hemithiris psittacea</i> (Rhynchonelliformea: Rhynchonellida)  | 15 |

|  |   |                             |
|--|---|-----------------------------|
| <i>Алексеева Н.В.</i>  | Мускулатура взрослых пикногонид <i>Phoxichilidium femoratum</i> RATHKE 1799 (Arthropoda, Chelicerata).                                  | 15                          |
| <i>Дикаева Д.Р.</i>  | Распределение полихет на разрезе «Кольский меридиан» в период климатических изменений   | 15                          |
| <b>16:30-17:00 Кофе-брейк</b>                                      |   |                             |
| <b>17:00-18:30 Заседание 4. Тема: Зоология беспозвоночных</b>      |   | Длительность доклада*, мин. |
| <i>Малахов В.В.,<br/>Карасева Н.П.,<br/>Римская-Корсакова Н.Н.</i> | Распределение бескишечных червей-сибоглинид (Siboglinidae, Annelida) в морях Российской Арктики в связи с их углеводородным потенциалом | 15                          |
| <i>Прудковский А.А.,<br/>Ветрова А.А.,<br/>Кремнев С.В.</i>        | Редукция медузы у <i>Sarsia lovenii</i> - как иллюстрация эволюционных тенденций у Hydrozoa (Cnidaria, Hydrozoa)                        | 15                          |
| <i>Екимова И.А.,<br/>Щепетов Д.М.,<br/>Становова М.В.</i>          | Оледенения, потепления, голожаберные моллюски: популяционная генетика и филогеография транс-Арктических видов Nudibranchia              | 15                          |
| <i>Михлина А.Л.,<br/>Екимова И.А.,<br/>Неретина Т.В.</i>           | Маленькие слизни со сложной историей: к вопросу о видовой принадлежности беломорских представителей рода <i>Asperspina</i>              | 15                          |
| <i>Богомолова Е.В.,<br/>Петрова М.А.</i>                           | Экскреторная система морского паука <i>Pseudopallene spinipes</i> (Fabricius, 1780) (Pycnogonida)                                       | 15                          |
| <i>Петрова М.А.,<br/>Богомолова Е.В.</i>                           | Формирование кладок у морских пауков  | 15                          |
| <i>Петрова М.А.,<br/>Богомолова Е.В.</i>                           | Формирование кладок у морских пауков  | 15                          |
| <b>19:00-20:00 Ужин</b>  |   |                             |
| <b>20:15-21:30 Вечерние лекции для всех</b>                        |   |                             |
| <i>Горяшко А.</i>  | Птица, которая нас связала  | 25                          |
| <i>Лобанова Н.В.</i>   | Результаты комплексных исследований на Карельском берегу Белого моря  | 25                          |

|   |   |    |
|---|---|----|
| <i>Яковлева А.П.</i>                                | Динамика берегов Белого моря в голоцене и стратегии их первоначального освоения первобытными приморскими культурами | 25 |
| *Длительность доклада вместе с вопросами и ответами |   |    |

## 16 сентября Второй день конференции

| 9:30-11:00 Заседание 1. Тема: Биоразнообразие Арктики                   |   | Длительность доклада*, мин. |
|---|---|-----------------------------|
| <i>Михайлова Т.А.,<br/>Халаман В.В.,<br/>Усов Н.В. и др. (онлайн)</i>   | Макроводоросли Унской губы Белого моря  | 15                          |
| <i>Павлова Л.В.,<br/>Дворецкий А.Г.,<br/>Фролов А.А. и др. (онлайн)</i> | Влияние увеличения продолжительности безледного периода на зообентос северо-востока Баренцева моря (пролив Макарова)  | 15                          |
| <i>Максимов А.А.,<br/>Березина Н.А.</i>                                 | Многолетние изменения макрозообентоса реликтовых озер Кривое и Круглое  | 15                          |
| <i>Пантелеева Н.Н.</i>  | Сезонное развитие колоний гидроидов рода <i>Rhizogeton</i> (Cnidaria, Hydrozoa) в литоральной зоне Кольского полуострова (Баренцево море). Вопрос видовой идентификации | 15                          |
| <i>Рожкова-Тимина И.О.</i>  | Растительность маршевых лугов южной части о. Сахалин  | 15                          |
| <i>Смолькова О.В.</i>   | О распространении двустворчатых моллюсков <i>Mya arenaria</i> (Linnaeus, 1758) в Кольском заливе Баренцева моря   | 15                          |
| *Длительность доклада вместе с вопросами и ответами                     |   |                             |
| <b>11:00-11:30 Кофе-брейк</b>   |   |                             |
| <b>11:30-12:15 Постерная сессия для очных участников без доклада</b>    |   |                             |
| <i>Борисенко И.Е.,<br/>Ересковский А.В.</i>                             | Дифференциальная экспрессия генов в регенерации губки <i>Halisarca dujardini</i>  |                             |

|  |   |
|--|---|
| <u>Гаева Д.Р.</u> ,<br><u>Неретина Т.В.</u><br><u>Жадан А.Э.</u>                 | Описание двух видов рода <i>Terebellides</i> (Annelida, Trichobranchidae) из Белого моря  |
| <u>Гришина Д.Ю.</u> ,<br><u>Щепетов Д.М.</u> ,<br><u>Екимова И.А.</u>            | Интегративная таксономия и филогеография видов рода <i>Eubranchus</i> (Gastropoda: Nudibranchia) морей России                                   |
| <u>Гудимов А.В.</u>  | Краевые популяции баянуса <i>Semibalanus balanoides</i> (Crustacea, Cirripedia) как биоиндикатор влияния ранних климатических изменений среды   |
| <u>Дадыкин И.А.</u> ,<br><u>Новичкова А.А.</u> ,<br><u>Чертопруд Е.С.</u>        | Фауна ракообразных внутренних водоемов Карагинского района (Северная Камчатка): таксономия, фаунистика и биогеография                           |
| <u>Дегтярева Е.К.</u>  | Особенности позднего эмбрионального развития <i>Podon leucartii</i> (G.O. Sars, 1862) (Onychopoda, Cladocera)                                   |
| <u>Екимова И.А.</u> ,<br><u>Гришина Д.Ю.</u> ,<br><u>Крупницкая Н.Р.</u> и др.   | Такие одинаковые, но такие разные: морфологическое и генетическое разнообразие комплекса видов <i>Cadlina laevis</i> (Gastropoda: Nudibranchia) |
| <u>Карпова О.В.</u> ,<br><u>Виноградова Е.Н.</u> ,<br><u>Лобакова Е.С.</u> и др. | Идентификация генов канальных родопсинов в зеленых и криптофитовых водорослях Белого и Черного морей  |
| <u>Киселев А.Д.</u> ,<br><u>Залота А.К.</u>                                      | Трофическая ниша краба-вселенца <i>Chionoecetes opilio</i> (Fabricius, 1788) в заливе Благополучия Карского моря                                |
| <u>Косевич И.А.</u>  | Колониальная нервная система у гидроидных   |
| <u>Кроленко В.И.</u> ,<br><u>Колбасова Г.Д.</u>                                  | Кровеносная система <i>Caobangia billeti</i> Giard, 1893 (Sabellida, Fabriciidae)   |
| <u>Крупницкая Н.Р.</u> ,<br><u>Екимова И. А.</u> ,<br><u>Малахов В.В.</u>        | Спектр питания беломорских представителей голожаберных моллюсков рода <i>Dendronotus</i> (Gastropoda: Nudibranchia)                             |
| <u>Логвиненко А.Д.</u> ,<br><u>Гордеев И.И.</u>                                  | Гельминты морской и пресноводной популяций трехиглой колюшки <i>Gasterosteus aculeatus</i> акватории в районе ББС МГУ                           |
| <u>Петрова Е.В.</u> ,<br><u>Волгушева А.А.</u> ,<br><u>Федоренко Т.А.</u> и др.  | Особенности физиологии и ультраструктуры клеток <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> в условиях серного голодания                                   |
| <u>Прокопчук И.П.</u>  | Сайка – «внештатный помощник» исследователя   |
| <u>Рыбакова Е.И.</u> ,<br><u>Галкин С.В.</u> ,<br><u>Мордухович В.В.</u> и др.   | Сообщества гидротермальных и метановых выходов Берингова моря   |

|  |   |
|--|---|
| <u>Табачникова К.С.</u> ,<br><u>Савченко А.С.</u>  | Биология и распространение паразитических ракообразных подкласса Tantulocarida  |
| <u>Уразаева А.О.</u> ,<br><u>Темерева Е.Н.</u>   | Строение полости тела у <i>Parasagitta elegans</i>  |
| <b>Онлайн постеры</b>  |   |
| <u>Грум-Гржимайло О.А.</u> ,<br><u>Шурыгина А.А.</u>   | Биогеография наземных микромицетов Арктики, выявленных культуральными и молекулярными методами                                      |
| <u>Кузьмина Т.В.</u> ,<br><u>Георгиев А.А.</u>   | Особенности питания брахиоподы <i>Hemithiris psittacea</i> (Rhynchonelliformea: Rhynchonellida)                                     |
| <u>Марфенин Н.Н.</u> ,<br><u>Дементьев В.С.</u>  | Верхушка роста столона у гидроида <i>Dynamena pumila</i> (L., 1758), как детектор функционального состояния колониального организма |
| <u>Марфенин Н.Н.</u> ,<br><u>Николаев Е.В.</u>   | Способность зарослей литоральных фукоидов предохранять обитающих на них беспозвоночных летом от перегрева при осушении              |
| <u>Надточий Е.В.</u> ,<br><u>Иванова Т.С.</u> ,<br><u>Иванов М.В.</u> ,<br><u>Лайус Д.Л.</u> | Изменчивость окраски взрослой трехиглой колюшки <i>Gasterosteus aculeatus</i> L. в прибрежной зоне Кандалакшском залива Белого моря |
| <u>Орлов А.М.</u> ,<br><u>Волвенко И.В.</u>  | Новые ихтиологические свидетельства бореализации российского сектора Арктики  |
| <u>Портнова Д.А.</u> ,<br><u>Тимченко А.И.</u>   | Изучение ледовой фауны на Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова  |
| <u>Русанова А.Н.</u> ,<br><u>Мамонтов В.А.</u> ,<br><u>Трофимова А.Б.</u> и др.              | Предполагаемые бактериальные симбионты холодноводных морских губок из Белого моря   |
| <u>Савченко А.С.</u> ,<br><u>Колбасов Г.А.</u> ,<br><u>Еньшина И.К.</u>                      | Внутреннее строение и метаморфоз Y циприса <i>Facetotecta</i> (Crustacea: Thecostraca)  |
| <u>Темерева Е.Н.</u>   | Особенности строения и развития арктической форониды <i>Phoronis ovalis</i>   |
| <u>Темерева Е.Н.</u>   | О строении трубок, в которых живет арктическая форонида <i>Phoronis ovalis</i>  |

|  |  |                                   |
|--|--|-----------------------------------|
| <u>Чабан Е.М.</u> ,<br><u>Екимова И.А.</u> ,<br><u>Никитенко Е.Н.</u> и др.                                  | <i>Philinissima denticulata</i> (Gastropoda, Cephalaspidea, Aglajidae) из Белого моря – первая аглаида в Арктике                   |                                   |
| <b>12:15-13:00 Презентации постерных мини докладов:<br/>Биоразнообразие Арктики, Зоология беспозвоночных</b> |  | Длительность<br>доклада*,<br>мин. |
| <u>Ежелев З.С.</u> ,<br><u>Шнырев Н.А.</u>   | Водорослевой компонент литорали в составе конструктороземов  | 5                                 |
| <u>Осипова Д.Д.</u> ,<br><u>Юрикова Д.А.</u> ,<br><u>Кособокова К.Н.</u>                                     | Видовой состав и распределение зоопланктона в желобе Святой Анны (Карское море)  | 5                                 |
| <u>Ересковский А.А.</u>  | Спонгиофауна Белого моря и ее общая характеристика   | 5                                 |
| <u>Герасимова О.В.</u>   | Проект «Берингоморская сеть системных наблюдений (BSSN)»   | 5                                 |
| <u>Никитенко Е.Д.</u> ,<br><u>Борисенко И.Е.</u> ,<br><u>Кремнев С.В.</u> ,<br><u>Ворцепнева Е.В.</u>        | Новые данные о спикүлогенезе голожаберных моллюсков на примере <i>Onchidoris muricata</i> Белого моря                              | 5                                 |
| <u>Становова М.В.</u>  | Целомоциты пескожила <i>Arenicola marina</i> (Annelida, Polychaeta): морфология и иммунные функции                                 | 5                                 |
| <u>Шалаева А. Ю.</u> ,<br><u>Беляева М. О.</u> ,<br><u>Тарасов М. С.</u> ,<br><u>Козин В. В.</u>             | Чем полезны головной мозг и нервная цепочка для регенерации беломорской полихеты <i>Alitta virens</i> ?                            | 5                                 |
| <u>Фофанова Е.Г.</u>   | Организация ресничных структур <i>Dinophilus vorticoides</i>   | 5                                 |
| <u>Пландин Ф.А.</u> ,<br><u>Темерева Е.Н.</u>  | Новые данные по организации мускулатуры <i>Novocrania anomala</i> (Brachiopoda, Staniiformea) в сравнении с классическими работами | 5                                 |
| <b>13:00-14:00 Обед</b>  |  |                                   |
| <b>14:00-15:30 Заседание 2. Тема: Организм и среда</b>   |  | Длительность<br>доклада*,<br>мин. |

|  |  |                             |
|--|--|-----------------------------|
| <u>Герасимова А.В.</u> ,<br><u>Максимович Н.В.</u> ,<br><u>Филиппова Н.А.</u> ,<br><u>Тимофеева М.А.</u> | Рост двустворчатых моллюсков в Белом море: методика анализа, степень и причины внутривидовой гетерогенности ростовых характеристик                   | 15                          |
| <u>Лезин П.А.</u>  | Особенности индивидуального поведения <i>Mytilus edulis</i> L. в условиях низкой плотности поселения   | 15                          |
| <u>Марченко Ю.Т.</u> ,<br><u>Хайтов В.М.</u> ,<br><u>Католикова М.В.</u> и др.                           | Пространственно-временная динамика смешанных поселений мидий <i>Mytilus edulis</i> и <i>M. trossulus</i> (губа Тюва, Кольский залив, Баренцево море) | 15                          |
| <u>Бахмет И.Н.</u> ,<br><u>Екимов Д.А.</u>   | Особенности адаптации мидий <i>Mytilus edulis</i> L. к приливной волне в зависимости от сезона в условиях Белого моря                                | 15                          |
| <u>Щербакова П.А.</u> ,<br><u>Ельченинов А.Г.</u> ,<br><u>Клюкина А.А.</u> и др.                         | Микроорганизмы, ассоциированные с буккальным комплексом моллюска <i>Cadlina laevis</i> (Linnaeus, 1767)  | 15                          |
| <u>Мельников Н.П.</u> ,<br><u>Лавров А.И.</u>  | Подходы к исследованию тканевой динамики губок   | 15                          |
| <b>15:30 -16:00 Кофе-брейк</b>   |  |                             |
| <b>16:00- 17:00 Заседание 3. Тема: Орнитология</b>   |  | Длительность доклада*, мин. |
| <u>Калякин М.В.</u> ,<br><u>Волцит О.В.</u> ,<br><u>Lehikoinen A.</u>                                    | Изученность фауны птиц окрестностей ББС в свете завершения работы над Атласами гнездящихся птиц Европы и европейской части России                    | 15                          |
| <u>Краснов Ю.В.</u> ,<br><u>Ежов А.В.</u>  | Авифауна открытых районов Баренцева моря и ее современные изменения  | 15                          |
| <u>Ежов А.В.</u>   | К вопросу о миграциях и формированию популяции моевок на архипелаге Новая Земля  | 15                          |
| <u>Горяшко Н.А.</u> ,<br><u>Самулеева М.В.</u> ,<br><u>Быков Ю.А.</u>                                    | Оценка успешности гнездования обыкновенной гаги ( <i>Somateria mollissima</i> ) в условиях сбора гагачьего пуха                                      | 15                          |

| 17:00-18:00 Заседание 4. Презентации постерных мини докладов:<br>Организм и среда, Зоология беспозвоночных |   | Длительность<br>доклада*,<br>мин. |
|--|---|-----------------------------------|
| <i>Панина К.С.</i> (онлайн)  | Видовое разнообразие и биотопическая дифференциация рода <i>Megalothorax</i> (Collembola: Neelidae) на территории Арктики                       | 5                                 |
| <i>Ермишина М.А.,<br/>Бубнова Е.Н.,<br/>Максимова И.А.,<br/>Симакова У.В.</i> (онлайн)                     | Микобиота красных водорослей <i>Odonthalia dentata</i> и <i>Phycodrys rubens</i> в Кандалакшском заливе Белого моря                             | 5                                 |
| <i>Ратновская А.В.,<br/>Кузьмина Т.В.</i> (онлайн)   | Тонкое строение эпителия мантии брахиоподы <i>Hemithiris psittacea</i> (Gmelin, 1791)   | 5                                 |
| <i>Дементьев В.С.,<br/>Марфенин Н.Н.</i> (онлайн)  | Возникновение магистрального течения гидроплазмы в побегах колониального гидроида <i>Dynamena pumila</i> (L., 1758)                             | 5                                 |
| <i>Кузнецова Э.Ю.</i> (онлайн)   | Паразиты бесхвостых амфибий острова Средний Керетского архипелага Белого моря   | 5                                 |
| <i>Заботин Я.И.</i> (онлайн)   | Ультраструктура сперматид и сперматозоидов пролецитофоры <i>Plagiostomum vittatum</i> (Plathelminthes, Prolecithophora) Белого моря             | 5                                 |
| <i>Хорошутина О.А.,<br/>Сологуб Д.О.,<br/>Поветкин А.И.</i>  | Определение возраста брюхоногих моллюсков северных морей России (виды р. <i>Vuccinum</i> ) с использованием статолитов                          | 5                                 |
| <i>Каракозова М.В.,<br/>Назаров П.А.</i>   | Адаптация микроорганизмов изменяющимся условиям солености экосистем: биоэнергетические процессы и роль бактериальных помп                       | 5                                 |
| <i>Чава А.И.,<br/>Захаров Г.Д.,<br/>Озеров Д.А.</i>  | Формирование и сезонная динамика сообществ макрообрастания искусственных субстратов в верхней сублиторали Белого моря                           | 5                                 |
| <i>Иванова Т.С.,<br/>Иванов М.В.,<br/>Надточий Е.В.</i> и др   | Прибрежные сообщества рыб Кандалакшского залива Белого моря (губа Чупа) в летний период   | 5                                 |
| <i>Иванов М.В.,<br/>Генельт-Яновская А.С.,<br/>Иванова Т.С.</i> и др.                                      | Взаимоотношения трехиглой ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> L.) и девятииглой ( <i>Pungitius pungitius</i> L.) колюшек в Белом и Балтийском морях | 5                                 |

|  |   |   |
|--|---|---|
| <u>Кучерявый А.В.</u><br><u>Полякова Н.В.</u>  | Распространение и разнообразие миног Арктики – аккумулятивное и анализ данных   | 5 |
| <u>Эверетт М.У.</u><br><u>Будаева Н.Е.</u>   | Определение группы видов <i>Eunoe nodosa-E. oerstedii</i> (Annelida: Polynoidae) с использованием интегративного подхода. | 5 |
| *Длительность доклада вместе с вопросами и ответами  |   |   |
| <b>19:00-20:00 Ужин</b>  |   |   |
| <b>20:00-21:00 Лекции для всех</b>   |   |   |
| <b>Ланге А.Л.</b> Образ Севера в визуализированных искусствах. Презентация фотоальбома ББС МГУ |   |   |
| <b>А после лекций – беломорские песни!</b>   |   |   |

|   |   |                             |
|---|---|-----------------------------|
| <b>17 сентября</b>  |   |                             |
| <b>Третий день конференции</b>  |   |                             |
| <b>09:30-11:05</b>  | <b>Заседание 1. Эмбриология и морфогенез</b>                      | Длительность доклада*, мин. |
| <u>Чернева М.А.</u><br><u>Никишин Д.А.</u><br><u>Неретина Т.В.</u>          | Тени будущего: пелагические личинки немертин окрестностей ББС МГУ | 15                          |
| <u>Косевич И.А.</u>   | Сходство сцифистомы <i>Aurelia aurita</i> и кораллового полипа    | 15                          |
| <u>Старунов В.В.</u><br><u>Платова С.Е.</u><br><u>Нестеренко М.А.</u> и др. | Регенерация кольчатых червей: в чем причина различий?             | 10                          |

|   |  |    |
|---|--|----|
| <u>Старунова З.И.</u> ,<br><u>Шуныкина К.В.</u> ,<br><u>Новикова Е.Л.</u> ,<br><u>Старунов В.В.</u> | Кто быстрее? Анализ процессов регенерации нервной системы у <i>Pygospio elegans</i> (Annelida, Spionodae)                              | 10 |
| <u>Козин В.В.</u>   | Морфогенетические механизмы спецификации осей билатеральной симметрии у аннелид  | 15 |
| <u>Шунатова Н.Н.</u>  | Общеколониальная транспортная система хейлостомных мшанок (Gymnolaemata: Cheilostomatida): вариабельность и общие принципы организации | 15 |
| <u>Скоренцева К.В.</u> ,<br><u>Мельников Н.П.</u> ,<br><u>Саидова А.А.</u> ,<br><u>Лавров А.И.</u>  | Rho/ROCK-сигнальный каскад и его роль в репаративных морфогенезах известковой губки <i>Leucosolenia corallorrhiza</i>                  | 15 |
| <u>Еньшина И.К.</u> ,<br><u>Крупенко Д.Ю.</u> ,<br><u>Кремнев Г.А.</u> и др.                        | Копеподы <i>Nucellicola</i> sp. (Chitonophilidae) — эндопаразиты брюхоногих моллюсков  | 15 |
| <b>11:20-11:50 Кофе-брейк</b>   |  |    |

| <b>11:50-12:40 Заседание 2. Презентации постерных мини докладов: Эмбриология и морфогенез, Паразитизм и симбиоз</b> |   | <b>Длительность доклада*, мин.</b> |
|---|---|------------------------------------|
| <u>Лихачева Г.В.</u> ,<br><u>Чернева И.А.</u>   | Первое обнаружение нематоды <i>Hysterothylacium aduncum</i> (Nematoda, Raphidascarididae) в немертине <i>Arctostemma arcticum</i> (Nemertea, Hoplonemertea) | 5                                  |
| <u>Матач Д.А.</u> ,<br><u>Лянгузова А.Д.</u> ,<br><u>Полякова Н.В.</u> и др.  | Морфологические особенности взаимодействия в паразито-хозяинной системе метацеркарии <i>Diplostomum</i> sp. и миноги <i>Lampetra fluviatilis</i>            | 5                                  |
| <u>Скалон Е.К.</u> ,<br><u>Слюсарев Г.С.</u>  | Детали тонкого строения плазмодия ортонектид <i>Intoshia linei</i> и его взаимодействия с хозяином, немертиной <i>Lineus ruber</i>                          | 5                                  |
| <u>Бармасова Г.А.</u> ,<br><u>Старунов В.В.</u> ,<br><u>Старунова З.И.</u> ,<br><u>Новикова Е.Л.</u>                | Апоптоз в ходе репаративной регенерации <i>Pygospio elegans</i> и <i>Platynereis dumerilii</i> (Annelida)   | 5                                  |

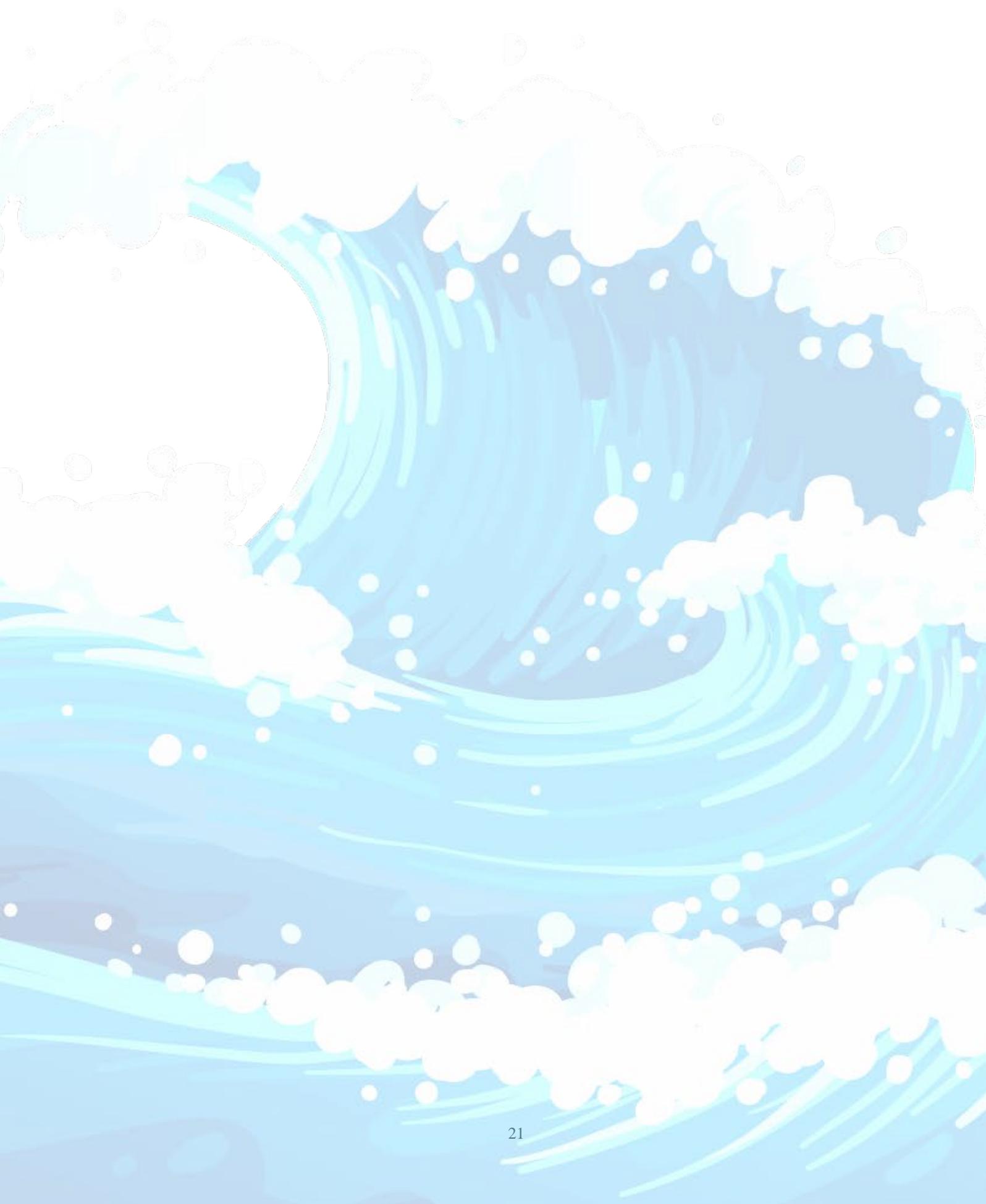
|  |   |    |
|--|---|----|
| <u>Ветрова А. А.</u> ,<br><u>Кунаева Д. М.</u> ,<br><u>Лебедева Т. С.</u> и др.      | Дупликация генов <i>Brachyury</i> в типе Cnidaria   | 5  |
| <u>Гринберг М.Г.</u> ,<br><u>Шалаева А.Ю.</u> ,<br><u>Козин В.В.</u>                 | Активность MAP-киназного каскада в период становления билатеральной симметрии зародышей <i>Ophelia limacina</i> (Spiralia, Annelida)                                | 5  |
| <u>Дегтярева Е.К.</u>  | Позднее эмбриональное развитие <i>Bythotrephes cederstroemii</i> Schoedler, 1877 (Crustacea: Onychopoda)  | 5  |
| <u>Лебедева Т.С.</u> ,<br><u>Ветрова А.А.</u> ,<br><u>Кремнев С.В.</u>               | Роль Notch сигнального пути в спецификации зародышевых листков у гидроидных полипов с аборальной гастрულიей на примере <i>Dinamena pumila</i>                       | 5  |
| <u>Кайров А.И.</u> , <u>Козин В.В.</u>   | Участие Wnt-сигналинга в ларвальной и постларвальной сегментации аннелиды <i>Alitta virens</i>  | 5  |
| <u>Матвеева Е.П.</u> ,<br><u>Фофанова Е.Г.</u> ,<br><u>Воронежская Е.Е.</u>          | Половой процесс представителей Dinophiliformia с разными стратегиями размножения  | 5  |
| *Длительность доклада вместе с вопросами и ответами                                  |   |    |
| <b>13:00-14:00 Обед</b>  |   |    |
| <b>14:00-15:45 Заседание 3. Тема: Геология и гидрология</b>                          |   |    |
| <u>Репкина Т.Ю.</u> ,<br><u>Орлов А.В.</u> ,<br><u>Крехов А.К.</u> и др.<br>(онлайн) | Предварительные результаты зимних георадиолокационных и палеолимнологических исследований на островах Бол. Соловецком и Муксалма (Белое море, Соловецкий архипелаг) | 15 |
| <u>Корсакова О.П.</u> ,<br><u>Голдоброва А.Н.</u> ,<br><u>Голдобров Д.С.</u>         | Позднеледниковая морская трансгрессия на побережье Кандалакшского залива  | 15 |
| <u>Романенко Ф.А.</u> ,<br><u>Писцова М.А.</u> ,<br><u>Луговой Н.Н.</u>              | Возраст торфяников и озерно-болотных отложений побережья Кандалакшского залива  | 15 |
| <u>Зарецкая Н.Е.</u> ,<br><u>Хайтов В.М.</u> ,<br><u>Рыбалко А.Е.</u>                | Голоценовая малакофауна Кандалакшского и Онежского заливов Белого моря и ее палеогеографическое значение  | 15 |
| <u>Зарецкая Н.Е.</u> ,<br><u>Хайтов В.М.</u> ,<br><u>Рыбалко А.Е.</u>                | Голоценовая малакофауна Кандалакшского и Онежского заливов Белого моря и её палеогеографическое значение  | 15 |

|   |  |                             |
|---|--|-----------------------------|
| <i>Бабаянц П.С.</i>   | Аэрогеофизические технологии при изучении природных ресурсов беломорского региона  | 15                          |
| <i>Афанасьев В.В.,<br/>Фаустова А.Б.</i>                                      | Депонирование углерода управляемыми прибрежно-морскими водно-болотными угодьями субарктических и умеренно холодных морей               | 15                          |
| <i>Демиденко Н.А.,<br/>Саввичев А.С.,<br/>Краснова Е.Д.</i>                   | Микробные процессы, гидрологические и экологические условия в водоемах губы Канда, отделенных от Белого моря                           | 15                          |
| <b>15:45-16:15 Кофе-брейк</b>   |  |                             |
| <b>16:15-16:35 Презентации постерных мини докладов: Геология и гидрология</b> |  | Длительность доклада*, мин. |
| <i>Пиццова М.А.,<br/>Смирнова В.В.,<br/>Чупраков Н.Р. (онлайн)</i>            | Новые исследования истории развития островов Кандалакшского залива в голоцене  | 5                           |
| <i>Смирнова В.В.,<br/>Луговой Н.Н.</i>  | Изучение геоморфологического строения южного берега Кольского полуострова дистанционными методами                                      | 5                           |
| <i>Лосюк Г.Н.,<br/>Кокрятская Н.М.,<br/>Попов С.С.,<br/>Титова К.В.</i>       | Эволюция сероводородного заражения отделяющихся водоемов вблизи ББС МГУ им. Н.А. Перцова (Кандалакшский залив Белого моря)             | 5                           |
| <i>Колпакова Е.С.,<br/>Вельямидова А.В.</i>                                   | Хлорорганические соединения в озерах на разной стадии отделения от Белого моря   | 5                           |
| <b>16:35-17:35 Заседание 4. Тема: Биология беспозвоночных. ОНЛАЙН</b>         |  |                             |
| <i>Марфенин Н.Н.,<br/>Дементьев В.С.,<br/>Николаев Е.В.</i>                   | Моментальная и пролонгированная реакция колониального гидроида <i>Dynamena pumila</i> (L., 1758) на повышение температуры морской воды | 5                           |
| <i>Vetrova A.A.,<br/>Lebedeva T.S.,<br/>Kremnyov S.V.</i>                     | Molecular patterning of architecturally complex hydrozoan colonies: lessons from <i>Dynamena pumila</i> .                              | 5                           |
| <b>19:00 - Праздничный ужин</b>   |  |                             |

**18 сентября  
Экскурсии**

**18 и 19 сентября  
Отъезд участников конференции**

# ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



## МУСКУЛАТУРА ВЗРОСЛЫХ ПИКНОГОНИД *PHOXICHILIDIUM FEMORATUM* RATHKE 1799 (ARTHROPODA, CHELICERATA)

Н.В. Алексеева\*

Зоологический институт РАН

Пикногониды – это группа первичноводных хелицеровых. Их тело снабжено комплексом мышечных элементов, среди которых выделены пучковая мускулатура (соматические мышцы и мышцы среднего и заднего отделов кишечника), обкладочная мускулатура гонады и кишечника, а также миокард. Особый интерес для нас составляет пучковая мускулатура, потому что уровень тагматизации тела и набор конечностей оказывают на нее значительное влияние. Для работы выбраны взрослые особи *Phoxichilidium femoratum*, их план строения отличается от уже изученного ранее *Nymphon rubrum* (Dencker, 1974), тело более компактное, цефалосома и хоботок короче, яйценосные ножки развиты только у самцов, пальпы отсутствуют. Материал был собран в районе ББС «Картеш», обработан по стандартным методикам для световой и электронной просвечивающей микроскопии. Пучковая мускулатура у *P. femoratum* состоит из отдельных мышечных клеток. Они зачастую сближаются и даже формируют латеральные выросты, что анатомически объединяет сразу несколько клеток в единый пучок. Мускулатура поперечно-полосатая, длина саркомера составляет 7-8 мкм. Свободная цитоплазма сконцентрирована по периферии от сократимого участка. Каждая клетка всегда отделена от соседних клеток и от полости тела слоем внеклеточного матрикса. Нами было выделено несколько функционально-анатомических групп в пучковой мускулатуре. (I) Мышцы передней кишки обеспечивают открытие рта, всасывание и измельчение/фильтрацию пищи, ее продвижение. Выделены радиальные и тангентальные мышцы. В пищеводе они переходят в обкладочную мускулатуру. (II) Мускулатура задней кишки устроена сходным образом. Она отвечает за эвакуацию содержимого кишечника. (III) Мускулатура цефалосомы – это мышцы придатков, хоботка и межсегментарные мышцы. (IV) Мускулатура свободных сегментов тела включает межсегментарные мышцы и мышцы латеральных выростов ходных ног. Мышцы первых двух свободных сегментов тела устроены однотипно. В последнем сегменте из-за сближения латеральных выростов их мышцы также оказываются

сближены. (IV) Мускулатура придатков включает мышцы хелифор, яйценосных ножек (только у самцов), мышцы ходных ног. Выявлено, что пучковая мускулатура пикногонид *P. femoratum* представлена многочисленными и разнообразными мышцами, которые обеспечивают движение тагм и/или сегментов тела, члеников конечностей, а также изменение просвета переднего и заднего отделов кишечника. Использованными нами методами не удалось выявить следов мускулатуры пальп и яйценосных ножек (последних – у самок).

Работы выполнены с использованием оборудования ББС «Картеш», РЦ СПбГУ «ОЭБ», ЦКП ЗИН РАН «Таксон» (<http://www.ckp-rf.ru/ckp/3038/>), а также при поддержке кафедры зоологии беспозвоночных СПбГУ. Работа выполнена в рамках гос. задания № 122031100283-9 «Динамика структуры и функционирование экосистем Белого моря и сопредельных арктических морей».

*\*Нина Владимировна Алексеева: nina.alexeyeva.spb@gmail.com*

## **ДЕПОНИРОВАНИЕ УГЛЕРОДА УПРАВЛЯЕМЫМИ ПРИБРЕЖНО- МОРСКИМИ ВОДНО-БОЛОТНЫМИ УГОДЬЯМИ СУБАРКТИЧЕСКИХ И УМЕРЕННО-ХОЛОДНЫХ МОРЕЙ**

**В.В. Афанасьев\*, А.Б. Фаустова**

*Сахалинский государственный университет*

Известно, что донные осадки и марши эстуарно-лагунных геосистем входят в число наиболее эффективных компонентов систем биосеквестрации на планете. Нефтегазовая специализация экономики, ограниченный потенциал лесного хозяйства и островное положение Сахалинской области сделали оценку роли прибрежно-морских геосистем в стоке и эмиссии парниковых газов (ПГ) для определения их вклада в общий баланс ПГ территории весьма актуальной. Начавшийся в Сахалинской области в соответствии с Федеральным законом от 06.03.2022 климатический эксперимент резко ускорил поиск новых возможностей

решения проблемы сокращения выбросов ПГ [N 34-ФЗ «О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации»]. Стало понятно, что регион, где протяженность береговой линии превышает 4 тысячи километров, а площадь лагунных водоемов составляет более 2200 км<sup>2</sup> не сможет обойтись без климатического учета донного и торфяно-глеевого осадконакопления маршей и илистых осушек. Несмотря на то, что определение секвестрационной углеродной емкости прибрежно-морских экосистем в России – процесс только начавшийся, нами уже дана оценка потенциала прибрежно-морских водно-болотных угодий (ПМВБУ) Сахалинской области в качестве поглотителей, накопителей и долговременных хранилищ органического углерода. Предполагается, что стоковая емкость углерода управляемыми морскими водно-болотными угодьями (ВБУ) Сахалина может достичь 15 млн. тонн в эквиваленте CO<sub>2</sub>. Учитывая тот факт, что эмиссия метана в отличие от пресноводных болот ПМВБУ минимальна, такой потенциал позволяет сформировать технологическое предложение соответствующее рыночному спросу в форме технологий и климатических проектов для крупных компаний на территории Сахалинской области.

*\*Виктор Викторович Афанасьев: vvasand@mail.ru*

## **АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛОМОРСКОГО РЕГИОНА**

**П.С. Бабаянц\***

*АО «ГНПП «Аэрогеофизика»*

Аэрогеофизические технологии на протяжении многих лет являются одним из наиболее динамично развивающихся направлений геологоразведки. Их поступательное развитие, в конечном итоге, привело к тому, что результаты аэрогеофизических съемок стали успешно конкурировать с наземными аналогами по качеству и пространственному разрешению, существенно превосходя последние по производительности и стоимости, при этом существенно расширился спектр

доступных к использованию авианосителей, включая сверхлегкие и беспилотные. Указанные факторы обеспечили возможность существенного расширения спектра решаемых с помощью аэрогеофизических технологий задач. В настоящее время дистанционные съемки с успехом используются как при прогнозе и поисках месторождений полезных ископаемых, так и для решения инженерно-геологических и геодезических задач, мониторинга территорий и объектов и т.п. Их важнейшим преимуществом является существенное сокращение времени на выполнение исследований, причем без потери информативности и какой-либо техногенной нагрузки на изучаемые территории. Применительно к Беломорскому региону аэрогеофизические технологии с успехом используются при прогнозе и поисках коренных месторождений алмазов, медно-никелевых руд, золота и платиноидов, и др. Одним из оригинальных направлений является мониторинг популяции гренландского тюленя. В докладе будут детально охарактеризованы история и основные результаты применения аэрогеофизических технологий в Беломорском регионе. Комплекс современных аэрогеофизических технологий включает как традиционные для решения геологоразведочных задач методы (аэромагнитная съемка, аэроэлектроразведка, аэрогамма-спектрометрия), так и оригинальные методы, нацеленные на решение задач мониторинга территорий и объектов (тепловая ИК-аэросъемка, атмогеохимические методы, аэрофотосъемка и воздушное лазерное сканирование, и др.). Аппаратура непрерывно совершенствуется в направлении повышения чувствительности и разрешающей способности, снижения массогабаритных характеристик и энергопотребления. Залогом эффективного использования аэрогеофизических технологий являются надежность и достоверность интерпретации результатов измерений геофизических полей. Современный граф обработки аэрогеофизических данных включает технологии вероятностно-статистического анализа данных, включая методы многомерного анализа; технологии, основанные на использовании алгоритмов прямого физико-математического моделирования, в т.ч. основанные на методах подбора и автоматизированного решения обратной задачи (инверсии геофизических полей); технологии искусственного интеллекта, включая методы машинного обучения, обработки изображений, ИНС (искусственные нейронные сети) и др.

*\*Павел Суренович Бабаянц: [pavel.babayants@ya.ru](mailto:pavel.babayants@ya.ru)*

**АПОПТОЗ В ХОДЕ РЕПАРАТИВНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ**  
***PYGOSPIO ELEGANS* И *PLATYNEREIS DUMERILII* (ANNELIDA)**

**Г.А. Бармасова<sup>1, \*</sup>, В.В. Старунов<sup>1, 2</sup>, З.И. Старунова<sup>1</sup>, Е.Л. Новикова<sup>1, 3</sup>**

<sup>1</sup> Зоологический институт РАН, лаборатория эволюционной морфологии;

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет,  
биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных;

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный университет,  
биологический факультет, кафедра эмбриологии

Роль апоптоза в различных процессах развития, в том числе и регенеративных, хорошо известна: во-первых, он обеспечивает формирование границ новообразованных органов; во-вторых, подавляет протекание иммунных и воспалительных процессов; наконец, способствует деградации поврежденных и отмирающих структур. В контексте исследования репаративной регенерации наибольший интерес вызывает изучение функции апоптоза как пролиферативного фактора, запускающего активные клеточные деления. Аннелиды представляют собой удобный и перспективный объект для изучения процессов регенерации ввиду того, что их репаративные способности сильно варьируют среди представителей таксона. Так, большинство кольчатых червей способны восстанавливать утраченный задний конец тела, как это делает выбранный нами для изучения вид *Platynereis dumerilii*. Некоторые виды вообще не осуществляют регенерацию; другие, такие как второй исследуемый нами вид *Pygospio elegans*, утрачивают и передний, и задний концы тела. Целью нашего исследования стало изучение динамики апоптотических процессов в ходе регенерации аннелид на примере двух видов: *Pygospio elegans* и *Platynereis dumerilii*. Для достижения данной цели мы поставили следующие задачи: установление и сравнение пространственно-временного распределения апоптоза в ходе регенерации переднего и заднего конца тела у данных видов. Для выявления клеток, подвергающихся апоптозу, нами были выбраны два метода: TUNEL, обеспечивающий связывание флуоресцентной метки с двуцепочечными разрывами ДНК, возникающими в ходе апоптоза, и CellEvent, позволяющий пометить ядра клеток с активированными каспазами-3/7. Нами был обнаружен пик апоптоза на стадиях 30 - 48 часов после ампутации в обоих сайтах

регенерации у *P. elegans* и в сайте задней регенерации *P. dumerilii*, что предшествует началу активной клеточной пролиферации в данной области. Однако в сайтах передней регенерации *P. dumerilii* апоптотирующие клетки появляются по прошествии 3 - 4 суток после ампутации и их число не снижается, в то время как в передних регенератах этого вида и в обоих типах регенератов *P. elegans* на этом этапе число апоптотирующих клеток становится меньше. Соответственно, мы можем предположить, что в передних регенератах *P. dumerilii* и в теле *P. elegans* апоптотические процессы по прошествии 3 - 4 суток сменяются пролиферативными, что приводит к успешной регенерации и жизнеспособности животного после операции.

Исследование выполнено при поддержке Российского Научного Фонда, грант 21-14-00304. Работы проведены на базе ЦКП «Таксон», Зоологический институт РАН и ЦКП «Хромас» Научного парка Санкт-Петербургского Государственного Университета.

\*Галина Александровна Бармасова: [barmasovagalina@yandex.ru](mailto:barmasovagalina@yandex.ru)

## **ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ МИДИЙ *MYTILUS EDULIS* L. К ПРИЛИВНОЙ ВОЛНЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕЗОНА В УСЛОВИЯХ БЕЛОГО МОРЯ**

**И.Н. Бахмет<sup>1</sup>\*, Д.А. Екимов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт биологии КарНЦ РАН;*

<sup>2</sup> *Отдел комплексных научных исследований КарНЦ РАН*

Исследованием реакций литоральных животных на резкие изменения параметров окружающей среды, характерные для литоральной зоны, занимаются многие десятилетия. На всем протяжении данных работ ученые сталкивались с проблемой полевых экспериментов, так как ранее не существовало методик, позволяющих оценивать, к примеру, уровень метаболизма on-line. В последние десятилетия был

разработан, а впоследствии усовершенствован, метод дистантной регистрации сердечной ритмики моллюсков (Depledge, Andresen, 1990). Дальнейшие эксперименты показали наличие положительной корреляции между уровнем потребления кислорода и частотой сердечных сокращений, высокую чувствительность к изменению температуры и т.д. В связи с вышеизложенным, была поставлена задача: измерить сердечную ритмику мидий, расположенных на разных уровнях литорали в полевых условиях. Работа была выполнена на ББС ЗИН РАН «Картеш» в мае и ноябре 2022 года. Всего было поставлено 4 серии: литоральные мидии, расположенные в средней и нижней части литорали; мидий, собранные с субстратов (сублиторальные) также расположенные в средней и нижней части литорали. Непрерывная регистрация сердечной активности осуществлялась в течение 3,5 суток. Для мониторинга температуры воды и уровня освещенности рядом с мидиями обеих групп размещали датчики U22-001 и U24-002-64 (Onset HOBO Data Loggers, USA), соответственно. Кроме того, в двух мидиях были имплантированы температурные датчики DS1921 ThermoChron iButton, которые позволили измерять температуру внутри животных. Прежде всего, отметим резкое падение сердечной активности мидий всех групп в момент отлива (в некоторых случаях вплоть до остановки сердца на 10 - 20 минут осенью и до 50 минут весной). Средние показатели сердечной ритмики были достоверно выше у сублиторальных моллюсков во всех группах, как во время отлива, так и в прилив. Следующий интересный момент, на который следует обратить внимание, это скачок ЧСС («овершут») сразу после прихода воды (прилив). При этом данный эффект наблюдался только в том случае, когда отлив происходил в дневное время, то есть при более выраженном подъеме температуры. Дисперсия показателей сердечной активности резко возрастала в момент подъема (прилив) и падения (отлив) ЧСС, однако, если осенью у всех групп этот показатель был сходен, то в ноябре дисперсия сердечной ритмик была значительно выше именно у литоральных моллюсков по сравнению с сублиторальными (до 35 versus до 12). Выявленные показатели обсуждаются с точки зрения различных стратегий поведения животных, связанных, как с предыдущей историей существования, так и со временем нахождения в константных условиях.

*\*Игорь Николаевич Бахмет: igor.bakhmet@gmail.com*

**ЭКСКРЕТОРНАЯ СИСТЕМА МОРСКОГО ПАУКА *PSEUDOPALLENE*  
*SPINIPES* (FABRICIUS, 1780) (PYSNOGONIDA)**

**Е.В. Богомолова\*, М.А. Петрова**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Пикногониды, или морские пауки – небольшая древняя группа морских хелицеровых. Их анатомия долго оставалась слабо изученной, так, экскреторные органы были описаны лишь в 2005 г., в хелифорах *Nymphopsis spinosissimum*. Этот пример несколько лет оставался единственным, но за последние годы нам удалось обнаружить нефридии у нескольких видов из различных семейств. Продолжает серию находок *Pseudopallene spinipes* (Fabricius, 1780), это первое описание экскреторной системы у представителя семейства Callipallenidae. Материал собран в районе ББС МГУ в 2022 г. и изучен методами световой, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии и компьютерной микротомографии. У ювенильных и взрослых особей *P. spinipes* обоих полов найдена одна пара нефридиев. Орган располагается в четвертом членике яйценосной ножки и состоит из саккулуса, реабсорбционного канала и протока с выделительной порой. Саккулус имеет форму эллиптического цилиндра, ориентирован перпедикулярно по отношению к вмещающему членику конечности. Саккулус лежит внутри горизонтальной септы, которая подразделяет полость тела на дорсальный и вентральный синусы. Положение саккулуса фиксировано также посредством клеточных подвесок, контактирующих со стенкой тела. Стенка состоит из подоцитов и подстилающего их внеклеточного матрикса. Подоциты расположены равномерно по всем стенкам саккулуса, имеют ядра неправильной формы и крупные фагосомы. Ножки подоцитов переплетаются, между педицеллами развиты щелевые диафрагмы. Ультраструктурное строение стенок саккулуса позволяет считать его сайтом ультрафильтрации и, возможно, первичной модификации фильтрата. Реабсорбционный канал короткий, с широким просветом, начинается от торцевой поверхности саккулуса и направляется дистально, тесно прилегая к стенке тела. Стенка канала образована эпителием из несколько уплощенных клеток, имеющих апикальную кайму из микроворсинок и ядра лопастной формы. Короткий экскреторный проток открывается порой размером около 5 мкм. Во всех описанных

случаях экскреторные органы пикногонид находятся в конечностях головного отдела, где, вероятно, поддерживается наиболее стабильное давление гемолимфы. Локализация нефридиев у *P. spinipes* в проксимальной половине 4-го членика яйценосной ножки возможна благодаря отсутствию здесь кишечного дивертикула и крупных мышц. По расположению и строению нефридии *P. spinipes* сходны с описанными недавно нефридиями *Nymphon* spp., это согласуется с тем, что семейства Callipallenidae и Nymphonidae образуют общую кладу. У представителей прочих семейств, для которых известны экскреторные органы, они могут находиться в иных конечностях головного отдела (хелифорах, пальпах). У других видов (*N. serratum*, *Phoxichilidium femoratum*) мы обнаружили ларвальные нефридии в провизорных ножках личинок протонимфонов, но у *P. spinipes* развитие эмбрионизованное, стадии протонимфона нет и ларвальные ножки отсутствуют, поэтому вопрос о развитии экскреторной системы в онтогенезе нуждается в дальнейшем изучении.

\*Екатерина Валерьевна Богомолова: *k-bogomol@yandex.ru*

***LOXOSOMA Aripes* (NIELSEN 1964) – НОВАЯ НАХОДКА  
ВНУТРИПОРОШИЦЕВЫХ В БЕЛОМ МОРЕ, КОТОРАЯ ПОЗВОЛИЛА  
УТОЧНИТЬ ДИАГНОЗ РОДА  
*LOXOSOMA* (ENTOPROCTA: LOXOSOMATIDAE)**

**А.О. Борисанова<sup>1,\*</sup>, Д.М. Щепетов<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;*

<sup>2</sup> *Университет МГУ-ППИ в Шеньчжэне  
(ShenZhen MSU-BIT University, Shenzhen, China)*

Тип Entoprocta (внутрипорошицевые) включает в себя одиночных и колониальных представителей. Одиночные внутрипорошицевые относятся к семейству *Loxosomatidae*, в пределах которого выделяют два рода: *Loxosomella* и *Loxosoma*.

У всех локсосоматид особи устроены сходным образом: чашечка, несущая по периферии венчик ресничных щупалец, плавно переходит в ножку, которая служит для прикрепления к субстрату. Для одиночных внутриворончатых характерно бесполое размножение путем почкования на чашечке. Почки развиваются на материнской особи, пока у них не сформируются все органы. После этого почка открепляется и переходит к самостоятельному существованию. Отличия между двумя родами *Loxosomatidae* заключаются в особенностях строения органов прикрепления к субстрату. Представители *Loxosomella* прикрепляются к субстрату ползательной подошвой с центральным желобком, заполненным секретом pedalной железы, которая расположена в основании ножки. Ползательная подошва всегда развивается у почек *Loxosomella*. После открепления от материнского организма почка ползает с помощью подошвы в поисках места прикрепления. После прикрепления у одних видов подошва сохраняется в течение всей жизни, а у других полностью редуцируется и замещается другими прикрепительными структурами. Представители *Loxosoma* прикрепляются к субстрату pedalным, или мышечным, диском, который не имеет центрального желобка и pedalной железы. Диск развивается у почек и, как считалось ранее, сохраняется в течение всей жизни. По этому принципу представителей *Loxosomatidae* всегда легко было определить до рода: если у взрослой особи отсутствует мышечный диск, следовательно, это однозначно представитель *Loxosomella*, даже если подошва тоже отсутствует. В августе 2021 года в окрестностях ББС МГУ имени Н.А. Перцова на щетинках аннелиды *Laonice* sp. был найден представитель *Loxosomatidae*, который изначально был определен как *Loxosomella aripes* Nielsen 1964 – вид, описанный из акватории Бергена. Орган прикрепления к субстрату у этого вида представлен загнутым «клювом», что отражает принадлежность к *Loxosomella*. В первоописании этого вида не были описаны крупные почки и строение их органов прикрепления. В исследованном материале из Белого моря было найдено две особи с крупными почками, у которых орган прикрепления уже выражен, и оказалось, что это не ползательная подошва, а pedalный диск, характерный для рода *Loxosoma*. Проведенный молекулярно-генетический анализ подтвердил, что исследованный вид близок к представителям *Loxosoma*. В результате исследования вид *Loxosomella*

*aripes* Nielsen 1964 переописан как *Loxosoma aripes* (Nielsen 1964), а в диагнозе рода *Loxosoma* добавлена информация о том, что педальный диск может редуцироваться после прикрепления особи к субстрату, так же, как может редуцироваться подошва у *Loxosomella*. Это значит, что для определения родовой принадлежности локсосоматид обязательно нужно знать строение органов прикрепления у почек, а не только у взрослых особей.

\*Анастасия Олеговна Борисанова: [borisanovaao@mail.ru](mailto:borisanovaao@mail.ru)

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ЭКСПРЕССИЯ ГЕНОВ В РЕГЕНЕРАЦИИ ГУБКИ *HALISARCA DUJARDINII*

И.Е. Борисенко<sup>1,\*</sup>, А.В. Ересковский<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет;

<sup>2</sup> Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН;

<sup>3</sup> Средиземноморский институт морского и наземного

биоразнообразия и экологии (*Institut Méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale, Marseille, France*)

Регенерация – процесс восстановления утраченной либо поврежденной части организма – широко распространена в животном царстве, при этом, регенеративные способности представителей разных типов животных неодинаковы. Губки, один из древнейших таксонов многоклеточных, обладают удивительными способностями к регенерации, восстанавливая организм из отдельных клеток после диссоциации. Объектом исследования послужила губка *Halisarca dujardini* (класс Demospongiae). Методом RNA-seq были изучены изменения в экспрессии генов в 6 временных точках при регенерации: 30 минут после операции (мпо), 1 час после операции (чпо), 3 чпо, 6 чпо, 12 чпо и 24 чпо. Число оверэкспрессированных генов ( $\text{Log}_2\text{FC} \geq 1$ ,  $p\text{-value} < 0.05$ ) варьирует от 522 (стадия 6 чпо) до 3257 (стадия 3 чпо). Большинство из транскриптов уникально для каждой из стадий, и лишь небольшое число встречается на 2-3 стадиях регенерации одновременно. Это свидетельствует о

скорости и объеме изменений, происходящих в ответ на повреждение на уровне транскрипции. Вероятно, происходит «переключение» программы, определяющей поведение клеток. Так, через 30 мпо оверэкспрессировано 1019 транскриптов, а еще через полчаса (стадия 1 чпо) – 1279; при этом общих транскриптов у этих множеств всего семь. Так, на стадиях 30 мпо среди категорий GO с большим отрывом лидируют транскрипты белков, отвечающих за фосфорилирование. Также в первой десятке обнаруживаются позитивные регуляторы ERK-киназных каскадов. В последние годы описано участие киназ Erk в регенерации как молекул, обеспечивающих в т.ч. быструю передачу сигнала о повреждении на расстояние. Полученные данные позволяют предположить, что у *H. dujardinii* на ранних стадиях регенерации, происходит активация Erk. На стадии 1 чпо при анализе по категории «биологический процесс» лидируют так же киназы и фосфатазы, указывая на важность регуляции киназных рецепторов и внутриклеточных каскадов. При обогащении по категории «молекулярная функция» доминируют молекулы клеточной адгезии. Любопытно, что присутствуют гомологи рецепторов, отвечающих за направленную миграцию клеток (в т.ч. направленный рост аксона) у позвоночных: белок Rounabout и рецептор эфрина. На стадии 3 чпо наиболее представленными являются транскрипты генов, отвечающих за фосфорилирование белков (более 150 транскриптов). В эту группу входят циклин-зависимые киназы, рецепторы ростовых факторов (TGF, EGF, FGF, инсулиноподобного фактора), рецепторы эфрина, киназы MAP-киназного каскада, казеинкиназы, киназы легкой цепи миозина, и другие. Также на стадии 3 чпо появляется небольшая группа транскриптов, кодирующих компоненты Wnt-каскада, чего на стадиях 30 мпо и 1 чпо не наблюдалось. На стадии 6 чпо два наиболее представленных термина GO – клеточная адгезия и миграция клеток. В этих группах представлены преимущественно белки внеклеточного матрикса и трансмембранные рецепторы к нему. Это указывает на активацию миграционной активности клеток на стадии 6 чпо. Среди белков, активно экспрессирующихся на стадии 12 чпо, являются белки с металлоэндопептидазной активностью, что характерно для регенерации как механизм ремоделинга внеклеточного матрикса.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-74-00042 (<https://rscf.ru/project/22-74-00042/>).

\*Илья Евгеньевич Борисенко: [ilja.borisenko@gmail.com](mailto:ilja.borisenko@gmail.com)

## ДУПЛИКАЦИЯ ГЕНОВ BRACHYURY В ТИПЕ CNIDARIA

А.А. Ветрова<sup>1,\*</sup>, Д.М. Купаева<sup>1</sup>, Т.С. Лебедева<sup>2</sup>, Н. Циколия<sup>3</sup>, С.В. Кремнев<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН;

<sup>2</sup> Венский университет (University of Vienna, Vienna, Austria);

<sup>3</sup> Геттингенский университет им. Георга-Августа  
(Georg-August University of Göttingen, Göttingen, Germany);

<sup>4</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Транскрипционный фактор Brachyury принадлежит к семейству Т-бокс содержащих белков. Он широко известен как фактор, регулирующий развитие мезодермы у трехслойных животных, однако его консервативная роль, вероятно, связана с определением разметки тела. Так, у двухслойных представителей типа Cnidaria экспрессия Brachyury маркирует оральный полюс животного. Только одна копия гена Brachyury была обнаружена в геномах большинства животных, например, у представителей класса Anthozoa. Однако в геномах гидроидов по крайней мере две копии Brachyury обнаружены у *Hydra* и *Clytia hemisphaerica*. Возникает вопрос, произошла ли дупликация Brachyury один раз у общего предка всех гидроидов или несколько раз независимо у разных гидроидов. Мы провели филогенетический анализ и реконструировали эволюцию гена Brachyury в типе Cnidaria. Оказалось, что первая дупликация гена Brachyury произошла еще до отделения клады Hydrozoa. С одной из возникших в результате этой дупликации копий, Brachyury<sub>2/3</sub>, у общего предка гидроидов произошел еще один раунд дупликации. Таким образом, в большинстве исследованных нами геномов Hydrozoa было обнаружено три копии гена Brachyury. Сравнение аминокислотных последовательностей белков Brachyury у гидроидов показало, что последовательности Brachyury<sub>1</sub> является наиболее консервативными, а белки Brachyury<sub>3</sub> у разных видов наиболее различны. Методом гибридизации *in situ* мы исследовали экспрессию трех паралогов гена Brachyury (DpBra1, DpBra2 и DpBra3) в ходе нормального развития и во взрослой колонии беломорского гидроида *Dynamena pumila*. У личинки *D. pumila* DpBra1 и DpBra2 демонстрируют консервативный паттерн экспрессии на оральном конце. Однако, экспрессия DpBra3 была визуализирована в центральной области личинки, предположительно, в нервных клетках. Кроме того, мы экспериментально показали,

что DpBra3 не находится под контролем сигнального пути cWnt, в отличие от DpBra1 и DpBra2. Различия в паттернах и регуляции экспрессии позволяют нам предположить, что у *D. pumila* произошла неофункционализация Brachyury3. В колонии *D. pumila* мы обнаружили экспрессию всех трех паралогов Brachyury в гипостоме гидранта. Перекрытие паттернов их экспрессии может свидетельствовать о произошедшей субфункционализации. В верхушке роста побега колонии мы визуализировали экспрессию DpBra1 и DpBra2, но не DpBra3. Экспрессия DpBra1 наблюдалась в апикальной эктодерме верхушки роста, а DpBra2 маркировал зачатки формирующихся гидрантов. Таким образом, Brachyury1 является самой консервативной копией, как на уровне аминокислотной последовательности, так и на уровне паттернов экспрессии. Brachyury2 и Brachyury3 демонстрируют признаки суб- и неофункционализации. Случай последовательной дубликации гена Brachyury у Cnidaria может послужить хорошей моделью для исследования механизмов субфункционализации и неофункционализации генов.

Исследование поддержано грантом РФФИ №20-04-00978а.

\*Александра Александровна Ветрова: [lalavetrova@gmail.com](mailto:lalavetrova@gmail.com)

## ОПИСАНИЕ ДВУХ ВИДОВ РОДА *TEREBELLIDES* (ANNELIDA, TRICHOBRANCHIDAE) ИЗ БЕЛОГО МОРЯ

Д.Р. Гаева<sup>1, \*</sup>, Т.В. Неретина<sup>2</sup>, А.Э. Жадан<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН;

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Исследования последних лет выявили большое разнообразие рода *Terebellides*. Молекулярные данные позволили обнаружить двадцать пять видов рода в Северо-Восточной Атлантике (Nygren et al., 2018). В настоящей работе было проведено сравнение представителей рода *Terebellides* из Кандалакшского залива Белого моря с молекулярными группами из Северо-Восточной Атлантики. Обнаружены два вида,

совпадающие по молекулярным данным с видами из групп а и b, приведенными ранее (Nygren et al., 2018). Эти два вида отличаются цветом ооцитов у зрелых самок, формой жабры, сравнительной длиной нотоподий и нотохет. Мы впервые даем морфологическое описание этих двух видов.

\**Дарья Гаева: bulgakova.dar@gmail.com*

## **РОСТ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В БЕЛОМ МОРЕ: МЕТОДИКА АНАЛИЗА, СТЕПЕНЬ И ПРИЧИНЫ ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ РОСТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

**А.В. Герасимова\*, Н.В. Максимович, Н.А. Филиппова, М.А. Тимофеева**

*Санкт-Петербургский государственный университет,  
биологический факультет, кафедра ихтиологии и гидробиологии*

Источники формирования неоднородности природных популяций гидробионтов и ее проявления различны. Среди экологически важных признаков следует выделить не весьма изменчивые и в ординарных условиях показатели обилия, а скорость роста особей. Именно характер роста в наибольшей степени отражает уровень оригинальности локальных популяций (поселений) донных организмов. В нем в интегральном виде могут быть отражены и генетические различия особей, и изменения ростовых характеристик животных в онтогенезе, и условия локальных биотопов (как абиотические, так и биотические), и пространственно-временные тренды ключевых переменных среды.

При этом двустворчатые моллюски – одни из немногих подходящих объектов для сравнительного изучения характера роста из-за возможности относительно легкой и надежной оценки их возраста и скорости роста по ростовым меткам на раковинах. Между тем известные работы по росту *Vivalvia* в северных морях касались лишь немногих представителей данной группы, причем, как правило, групповых (средних) ростовых показателей.

Данная работа посвящена анализу неоднородности характера роста некоторых массовых беломорских двустворчатых моллюсков как в пределах отдельных местообитаний (индивидуальный рост), так и в разных поселениях (групповой рост). Наблюдения охватывали 28 поселений 9 видов моллюсков (*Macoma balthica*, *Mya arenaria*, *Mytilus edulis*, *Arctica islandica*, *Musculus niger*, *Serripes groenlandicus*, *Macoma calcarea*, *Yoldia hyperborea* и *Portlandia arctica*), расположенных на 16 участках в акваториях Керетского архипелага (Кандалакшский залив Белого моря). Возраст моллюсков определяли, как правило, в результате подсчета колец нарастания. Для трех видов: *Arctica islandica*, *Macoma calcarea* и *Mya arenaria* дополнительно были предприняты попытки оценить продолжительность жизни по внутренним меткам роста – по спилам раковины. В качестве ростовых показателей *Bivalvia* использованы индивидуальные и групповые возрастные ряды, составленные по итогам измерения размеров раковины моллюсков в периоды годовых остановок роста. Индивидуальные возрастные ряды использованы при изучении неоднородности ростовых характеристик в пределах отдельных местообитаний. Различия в характере роста между поселениями *Bivalvia* оценивали как расстояние между групповыми возрастными рядами. Групповые возрастные ряды были построены в результате усреднения размеров моллюсков в периоды годовых остановок роста в каждом поселении. Сравнение возрастных рядов осуществлено в ходе анализа остаточных дисперсий относительно кривых роста (Максимович, 1989). В качестве модели роста использована линейная модификация уравнения Бергаланфи или в случае онтогенетической неполноты данных – уравнение прямой линии.

Скорость группового роста, максимальные размеры и продолжительность жизни большинства анализируемых видов *Bivalvia* в Белом море были или близки, или существенно ниже аналогичных параметров популяций этих же видов в других частях их ареалов. Низкая скорость роста моллюсков, по-видимому, обусловлена комплексным воздействием пониженной солености и сурового температурного режима Белого моря, создающих для морских обитателей наиболее стрессовую ситуацию. Обратная ситуация наблюдалась лишь в отношении бореально-арктических *Serripes groenlandicus*, которые в Белом море оказались весьма быстрорастущими представителями вида. При этом внутривидовая гетерогенность ростовых показателей исследуемых видов *Bivalvia* в изучаемом

районе Белого моря была высока. Обнаружены статистически значимые различия скорости роста как в разных поселениях моллюсков, так и в пределах локальных местообитаний.

Выявленную гетерогенность группового роста в поселениях одного и того же вида оказалось наиболее логичным связать с условиями питания моллюсков вследствие особенностей биотопов (например, гидродинамических условий, продолжительности осушения, характеристик донных отложений). Как характерную черту полученных результатов следует выделить то обстоятельство, что вариация индивидуальных показателей роста моллюсков в пределах одного местообитания вполне соответствовала, а иногда и превышала размах различий групповых оценок. Индивидуальные различия скорости роста оказались в основном определены особенностями начального периода роста животных и сохранялись на протяжении большей части жизненного цикла моллюсков (показано на примере *Mya arenaria*). Обнаружены отличия в продолжительности жизни и выживаемости особей, обитающих в одном и том же местообитании, но различающихся по скорости роста.

Исследование выполнено при поддержке Гранта Российского Научного Фонда № 23-24-00204, <https://rscf.ru/project/23-24-00204/>

\*Александра Владимировна Герасимова: [agerasimova64@mail.ru](mailto:agerasimova64@mail.ru)

## **ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ТЕЛА НА СКОРОСТЬ МЕТАБОЛИЗМА И ХАРАКТЕРИСТИКИ МИТОХОНДРИЙ У МИДИЙ *MYTILUS EDULIS* L.**

**М.А. Герасимова<sup>1</sup>, Н.В. Алексеева<sup>2</sup>, А.А. Ковалев<sup>2</sup>, А.А. Сухотин<sup>2</sup>, \***

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет;

<sup>2</sup> Зоологический институт РАН, Беломорская биостанция «Мыс Картеш»

Зависимость скорости метаболизма от массы тела организмов (аллометрия метаболизма, АМ) является фундаментальной биологической закономерностью. Выяснение причин и механизмов поддержания АМ имеет длительную историю и до

сих пор является одним из важнейших открытых вопросов в биологии. Метаболизм всего организма складывается из метаболизма тканей и органов, которые, в свою очередь, определяются клеточной энергетикой и функционированием митохондрий. Предполагается, что изучение АМ в тканях и клетках и функционирования митохондрий, могут способствовать объяснению формирования таковой на уровне организма. Мы оценивали наличие и характер зависимости метаболизма от размеров тела на разных уровнях биологической организации у морского моллюска *Mytilus edulis* L. Для экспериментов были отобраны особи в широком диапазоне размеров, но близких возрастов. Была определена скорость дыхания мидий, фрагментов изолированной жаберной ткани, а также суспензий митохондрий выделенных из жаберной ткани этих моллюсков. При помощи высокоточной респирометрии измерена интенсивность окислительного фосфорилирования, утечки протонов через внутреннюю мембрану и интенсивность транспорта электронов по электрон-транспортной цепи (ЭТЦ) в митохондриях мидий разного размера. Кроме того, при помощи трансмиссионной электронной микроскопии произведена оценка количества и размерных характеристик митохондрий из жаберной ткани *M. edulis*. На уровне целого организма у мидий отчетливо наблюдалось аллометрическое снижение интенсивности метаболизма. При этом, на тканевом уровне АМ оказалась слабо выражена: скорость дыхания фрагментов жаберной ткани достоверно не зависела от размеров моллюска. Напротив, скорость потребления кислорода митохондриями (отражающая процессы окислительного фосфорилирования и транспорта электронов по ЭТЦ) существенно увеличивалась с размером мидий. Отношение интенсивности окислительного фосфорилирования к утечке протонов, характеризующее общую эффективность синтеза АТФ, также было выше у крупных моллюсков по сравнению с мелкими особями. Хотя общее число митохондрий на срезах не различались в жабрах мелких и крупных мидий, было показано, что с увеличением массы тела мидии размер митохондрий (площадь и внешний периметр митохондрии на срезе) достоверно увеличивается. Увеличение активности, а также размеров митохондрий у крупных мидий мы связываем со скоростью роста особей. Крупные мидии, очевидно, отличались более высокой скоростью роста по сравнению с мелкими особями тех же возрастных групп. Таким образом, мы предполагаем, что АМ, наблюдаемая на организменном уровне, не может быть объяснена аллометрическими зависимостями на более низких уровнях

биологической организации, по крайней мере, в пределах одного вида. Напротив, различия в скорости роста мидий могут определяться различиями в эффективности работы митохондрий у разных моллюсков.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 23-24-00226.

*\*Алексей Александрович Сухотин: Alexey.Sukhotin@zin.ru*

## **ПРОЕКТ «БЕРИНГОВОМОРСКАЯ СЕТЬ СИСТЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ (BSSN)»**

**О.В. Герасимова\***

*Красный Крест Чукотки*

Российско-американский проект «Берингоморская сеть системных наблюдений (Bering Sea Sub Network – BSSN)» разработан Международной Ассоциацией Алеутов при содействии Университета Аляски. Он заключается в системном сборе и обобщении информации об изменениях окружающей среды в районе Берингова моря за последние 20 лет путем опроса проживающих там представителей коренных малочисленных народов Севера (КМНС). С российской стороны в проект включены поселки Канчалан (преобладающее население – чукчи), Тымлат (коряки) и Никольское (западные алеуты). Со стороны США – поселки Гэмбелл (юпики о-ва Св. Лаврентия), Тогиак (центральные юпики) и Сент-Пойнт (восточные алеуты). Цель проекта – расширение знаний об экологических изменениях, важных для понимания панарктических процессов, что позволит ученым, арктическим сообществам и правительствам прогнозировать эти процессы и реагировать на них. Это будет способствовать повышению устойчивости общин КМНС в условиях быстрых экологических и социальных изменений. Установлено, что между наблюдениями КМНС и научными данными существует достаточно тесная корреляция. Долговременные наблюдения местных жителей – колоссальный пласт информации, но они не используются в научных исследованиях, так как не

доступны для статистической обработки. Проект BSSN включает тестирование методов сбора информации доступной для статистической обработки и выявления общих тенденций. На первом этапе проекта, в котором довелось участвовать мне, работая в поселке Канчалан, местные жители заполняли анкету с вопросами об изменениях условий их промысла и состояния окружающей среды за последние 20 лет.

Собиралась следующая информация:

- изменения климата и условий окружающей среды;
- изменения количества, качества и миграций промысловых животных;
- связь доступности промысловых ресурсов с обеспеченностью пищей и уровнем жизни сообщества;
- необычные природные явления за последние 20 лет.

Промежуточные результаты проекта были подведены в 2009 г. на рабочей встрече в Анкоридже (США, Аляска). Было отмечено, что уже удалось создать международную сеть для системного сбора информации об экологических и социально-экономических условиях существования местных жителей. Налажена обработка данных, что делает их пригодными для использования наряду с научными наблюдениями. Показано, что большинство жителей побережья Берингова моря отмечает изменения в сроках ледостава и ледохода, температуре воздуха, состоянии льда и снежного покрова. Установлено, что жители поселений Аляски более мобильны, чем в России, благодаря большей доступности личного транспорта и горючего. Кроме того, сообщества КМНС в России имеют меньше возможностей влиять на принятие властями решений, затрагивающих их жизнь, в частности, добычи полезных ископаемых. Проект BSSN был признан в США одним из самых значимых проектов четвертого Международного полярного года. Подобные исследования были бы очень интересны и полезны и для северных регионов европейской части России, в частности, для Беломорья.

*\*Ольга Владимировна Герасимова: ogerasimova1@yandex.ru*

## **ББС МГУ В КОНТЕКСТЕ ИСТОРИИ СЕВЕРНЫХ МОРСКИХ БИОСТАНЦИЙ**

**А. Горяшко\***

*Ассоциация «Морское наследие: исследуем и сохраним»*

Беломорская биостанция МГУ – самая долгоживущая из северных морских биологических станций России – имеет длинную и разнообразную историю. Эта история, в свою очередь, является частью общей, более чем 140-летней истории северных морских биостанций, а также и частью истории биологии в целом. Чтобы в полной мере понимать историю ББС МГУ, необходимо знать предпосылки и контекст ее возникновения. Мы поговорим о том, когда и почему в мире появился такой тип учреждений, как биостанции. О том, как возникли морские биостанции на северо-востоке России, и как они развивались. В пышном родословном древе северных морских биостанций мы рассмотрим те ветви, которые привели к рождению ББС МГУ, и те станции, которые, так или иначе, обязаны ей своим рождением. В общей сложности в докладе рассматривается история 8 биостанций.

*\*Александра Горяшко: alexandragor4@yandex.ru*

## **ПТИЦА, КОТОРАЯ НАС СВЯЗАЛА**

**А. Горяшко\***

*Ассоциация «Морское наследие: исследуем и сохраним»*

*Рабочая группа по гусеобразным Северной Евразии*

Обыкновенная гага (*Somateria mollissima*) – птица, для охраны которой был создан Кандалакшский заповедник, – оказалась также и птицей, которую можно считать символом сотрудничества двух соседних организаций: ББС МГУ и Кандалакшского заповедника. Но замечательна обыкновенная гага не только этим. Обладательница самого легкого и теплого пуха, самая крупная морская утка северного полушария,

один из лидеров объектов орнитологических исследований... В очень многих областях обыкновенная гага оказывается «самой-самой», как за счет особенностей своей биологии, так и – особенно – за счет своей необыкновенно разнообразной, тесной и продолжительной связи с человеком, которая продолжается уже несколько столетий. Мы поговорим о том, какую роль сыграла гага в сотрудничестве биостанции и заповедника, и о том, что делает птицу, названную «обыкновенной», такой необыкновенной.

*\*Александра Горяшко: alexandragor4@yandex.ru*

## **ОЦЕНКА УСПЕШНОСТИ ГНЕЗДОВАНИЯ ОБЫКНОВЕННОЙ ГАГИ (*SOMATERIA MOLLISSIMA*) В УСЛОВИЯХ СБОРА ГАГАЧЬЕГО ПУХА**

**Н.А. Горяшко<sup>1</sup>, М.В. Самулеева<sup>2,\*</sup>, Ю.А. Быков<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Рабочая группа по гусеобразным Северной Евразии*

<sup>2</sup> *Московский институт психоанализа*

<sup>3</sup> *ФГБУ Национальный парк «Мещера»*

На протяжении нескольких столетий гнездовой пух обыкновенной гаги использовали для изготовления теплых вещей. Несмотря на появление синтетических утеплителей, гагачий пух и сейчас продолжает пользоваться спросом и является дорогостоящим товаром. Его собирают в дикой природе, в период гнездования и, как показывает мировая история, сам процесс сбора пуха, в зависимости от его методов, может оказаться как инструментом охраны птиц, так и способом их уничтожения. В России основным местом коммерческого сбора гагачьего пуха являются острова Онежского залива Белого моря. Процесс сбора не регламентирован законодательно, а его последствия не отслеживаются. В 2019 г. мы начали работу по оценке влияния сбора пуха на успех гнездования обыкновенной гаги на архипелаге Кемские шхеры (Горяшко, 2019; Горяшко и др., 2020). Начиная с 2021 г. мы проводим полевой эксперимент, оценивая индивидуальную

выживаемость гнезд по методу Мейфилда (Mayfield, 1975). Обследуемые острова мы разделили на экспериментальную группу, где во время первичного обследования пух в насиживаемых гнездах заменяли на сено, и контрольную, где такую замену не проводили. Во время первичного обследования на каждом из островов мы проводили учет гнездящихся гаг, описывали содержимое каждого гнезда и определяли степень насиженности яиц по водному тесту (Меднис, 1972). Около каждого гнезда устанавливали метку с индивидуальным номером. Кроме того, регистрировали встречи пернатых и наземных хищников и следов их деятельности, а также следы пребывания людей. Через 7-11 дней проводили повторное обследование, фиксируя состояние помеченных гнезд. По данным 2021 и 2022 гг. на момент повторного обследования брошенными и/или разоренными оказывались от 15 до 25% гнезд, что не превышает среднего многолетнего показателя для островов Онежского залива, где сбор пуха не производился. Вероятность выживания гнезд для островов экспериментальной и контрольной группы достоверно не отличалась:  $g_{rb} = 0,464$ ,  $p = 0,109$  для 2021 г. и  $g_{rb} = -0,308$ ,  $p = 0,283$  для 2022 г. Начиная с 2022 г., мы описывали тип гнезда по степени его укрытости (открытое, полуоткрытое, закрытое). Процент разоренных гнезд в этих группах составил в среднем 16,3% без достоверных различий ( $\chi^2 = 0,298$ ;  $p=0,862$ ). При этом процент разоренных гнезд был тем ниже, чем большим был срок насиживания на момент первого обследования: от 40,4% (1-я пятидневка насиживания) до 7,9% (5-я) в 2022 г. и от 37,7% до 5,4% в 2021 г. Самки с меньшей вероятностью бросают гнездо, если их потревожили на более позднем сроке насиживания. В настоящее время работа по проекту продолжается для получения данных о выживаемости гнезд в условиях сбора пуха при различных погодных условиях; получения данных о влиянии многолетнего сбора пуха на гнездование; для выработки научно обоснованных рекомендаций по неистощительному сбору пуха.

*\*Мария Владимировна Самулеева: samuleeva@gmail.com*

**АКТИВНОСТЬ MAP-КИНАЗНОГО КАСКАДА В ПЕРИОД СТАНОВЛЕНИЯ  
БИЛАТЕРАЛЬНОЙ СИММЕТРИИ ЗАРОДЫШЕЙ *OPHELIA LIMACINA*  
(SPIRALIA, ANNELIDA)**

**М.Г. Гринберг\*, А.Ю. Шалаева, В.В. Козин**

*Санкт-Петербургский государственный университет*

Несмотря на большое разнообразие планов строения тела, характерное для взрослых представителей Spiralia, многих животных из этой группы объединяет высокостереотипный паттерн раннего развития – спиральное дробление. Одним из важнейших этапов перехода ко взрослому плану строения тела является становление билатеральной симметрии в эмбриогенезе. Известно, что в развитии Spiralia определение дорсальной и вентральной сторон зародыша происходит под влиянием сигналов со стороны организатора (клеток квадранта D). У многих представителей Spiralia в данный процесс вовлечен MAP-киназный сигнальный каскад – консервативный сигнальный модуль, состоящий из трех последовательно фосфорилирующих друг друга киназ (RAF, MEK, ERK). Конкретные детали участия MAPK-каскада в становлении билатеральной симметрии сильно отличаются в разных таксонах. Для прояснения его консервативной функции, а также лучшего понимания эволюции программ развития необходимы сравнительные исследования с широким охватом объектов. Подробного изучения роли MAPK на представителях кроновой группы аннелид с гомоквадрантным спиральным дроблением ранее не проводилось. В нашей работе мы описали пространственно-временной паттерн активности MAPK-каскада в ходе раннего развития беломорской аннелиды *Ophelia limacina* с гомоквадрантным типом спирального дробления. Присутствие активности MAPK в зародышах выявляли по наличию иммунореактивности к активной форме ERK (dpERK). Также были охарактеризованы фенотипические нарушения личинок, проявляющиеся при обработке зародышей ингибитором MAPK-каскада U0126 в ходе дробления. Мы выделили 2 периода активности MAPK-каскада в ходе дробления *O. limacina*. Первый период начинается со стадии 16 клеток. В ходе этого периода мы детектировали сходное распределение сигнала dpERK по всем квадрантам эмбриона. При этом мы описали последовательное появление сигнала на анимальном и вегетативном полюсах, известное для других аннелид, а также

моллюсков. Второй период активности MAPK начинается со стадии 44 клеток. Начиная с этой стадии мы детектировали сигнал dpERK в области квадранта D, соответствующего презумптивной дорсальной стороне зародыша, с наиболее интенсивным сигналом в клетке 4d. Таким образом, билатеральная симметрия проявляется на уровне молекулярных маркеров намного раньше, чем на уровне морфологических, возникающих только к моменту начала гаструляции на стадии 76 клеток. Анализ морфологии трехдневных трохофор, обработанных U0126 в ходе дробления, показал широкий набор нарушений, затрагивающие практически все личиночные структуры. В совокупности с продолжительным периодом активности MAPK в ходе дробления и начала гаструляции это указывает на вовлеченность данного сигнального пути в регуляцию пространственной организации зародыша. С другой стороны, даже при самых тяжелых нарушениях у личинок возможно распознать билатеральную организацию, из чего следует, что MAPK-каскад не ответственен за становление дорсовентральной оси *O. limacina*.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ №23-74-10046

\**Михаил Геннадьевич Гринберг: greenerkk@gmail.com*

## **ИНТЕГРАТИВНАЯ ТАКСОНОМИЯ И ФИЛОГЕОГРАФИЯ ВИДОВ РОДА *EUBRANCHUS* (GASTROPODA: NUDIBRANCHIA) МОРЕЙ РОССИИ**

**Д.Ю. Гришина\*, Д.М. Щепетов, И.А. Екимова**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Голожаберные моллюски рода *Eubbranchus* являются обычными обитателем гидроидных морских сообществ. В настоящий момент систематика рода остается неразрешенной и взаимоотношения между видами неясны. Причиной этому является отсутствие молекулярных данных для большинства описанных видов, а также значительное неописанное разнообразие. Согласно настоящим данным большая часть видов встречается в тропических регионах, однако разнообразие

морей России также остается изученным не до конца. Так, в ходе наших работ ранее было обнаружено два новых вида: в Баренцевом и в Японском морях.

В настоящей работе приводятся результаты интегративного исследования представителей рода *Eubbranchus* морей России. В ходе анализа были изучены 291 особей, представителей рода *Eubbranchus*, из Баренцева, Белого и Японского морей. Были применены методы интегративной таксономии, включая молекулярно-генетические методы, построение сетей гаплотипов и морфологический анализ. Филогенетические реконструкции были построены с использованием двух наиболее широко на настоящий момент используемых алгоритмов – метод максимального правдоподобия и анализ на основе Байесовской статистики. Для этого были использованы последовательности стандартных ядерных и митохондриальных молекулярных маркеров (H3, 18S, 28S и COI, 16S, соответственно). Для всех исследуемых видов были получены данные об основных морфологических признаках, используемых для систематики голожаберных моллюсков – окраске, строении пищеводобывательного аппарата и деталей строения половой системы. Исследование особенностей окраски особей проводили по прижизненным фотографиям особей. Строение радулы и челюстей были изучены при помощи сканирующей электронной микроскопии. Для выяснения деталей строения половой системы были использованы методы световой микроскопии, а для видов с наличием пениального вооружения применяли методы электронной томографии.

Несмотря на полученные в ходе работы данные и уточнение положения ряда видов внутри рода, необходима полная ревизия. Исследования взаимоотношений между видами рода *Eubbranchus*, обитающих в морях России, может помочь выявить важные определительные признаки, которые в дальнейшем будут использованы в глобальной ревизии.

\*Дарья Юрьевна Гришина: [dairiagrishina00@gmail.com](mailto:dairiagrishina00@gmail.com)

## **БИОГЕОГРАФИЯ НАЗЕМНЫХ МИКРОМИЦЕТОВ АРКТИКИ, ВЫЯВЛЕННЫХ КУЛЬТУРАЛЬНЫМИ И МОЛЕКУЛЯРНЫМИ МЕТОДАМИ**

**О.А. Грум-Гржимайло<sup>1</sup>, \*, А.А. Шурыгина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова;*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет*

Являясь полярным регионом нашей планеты, Арктика отличается экстремальными условиями для жизни, такими как низкие среднегодовые температуры, длительные периоды темноты и света, широкое распространение вечной мерзлоты, высокое ультрафиолетовое излучение, частые заморозки, летние краткосрочные оттаивания и низкая доступность воды и питательных веществ. Арктику часто определяют как территорию тундры с климатическими условиями, ограничивающими рост деревьев, однако большая часть территорий за полярным кругом также содержит таежные леса. Обширные торфяники, хранящие огромные запасы углерода, и многолетняя мерзлота являются характерной чертой арктического региона. Усиливающееся потепление в высокоширотных регионах влияет на чувствительные к климатическим изменениям арктические многолетнемерзлые торфяники, и провоцирует оттаивание мерзлоты, изменение растительного состава, сообществ и функционирования микроорганизмов. Грибы вместе с другими микроорганизмами в экосистемах выполняют важную роль редуцентов. В ходе арктических исследований грибы обнаруживаются на всех субстратах данного региона и представляют собой сообщества как преимущественно психротолерантных и мезофильных, так и, в меньшей степени, психрофильных организмов. Эти данные указывают на то, что при потеплении климата арктическое сообщество грибов станет активнее функционировать, что может повлиять на интенсивность разложения оттаивающего многолетнемерзлотного материала, а, следовательно, на выделение парниковых газов. Для прогнозирования изменения функционирования сообщества грибов под воздействием климатических изменений и ответной реакции, которая за этим последует, полезно знать виды грибов, обнаруживаемые

в арктическом материале. Целью данной работы было составить список видов наземных мицелиальных микромицетов, выявленных в Арктике культуральными и молекулярными методами и обозначить точки исследований на карте. В результате анализа 72 работ по изучению грибов Арктики был составлен список, включающий 831 вид наземных мицелиальных грибов. Аскомицеты и базидиомицеты составили самые большие части этого сообщества с 570 и 226 видами соответственно; 38 видов относятся к мукоромицетам. Во многих исследованиях указывалось наличие разных видов стерильного мицелия, выявленного культуральными методами. Мы установили, что 495 видов грибов было зарегистрированы в Арктике только один раз. Остальные виды были отмечены в двух и более исследованиях. Уникальными и, возможно, эндемичными арктическими видами, отмечены *Comoclatis arctica*, *Monodictys arctica*, *Penicillium arcticum*, *P. svalbardense*, *Psychromyces glacialis*. Наиболее исследованными арктическими регионами являются Шпицберген, восточная часть Евразии, Канада. На степень выявления микромицетов из субстратов влияет методологический подход. Из-за применения разных методов хранения образцов, выделения из них грибов, их идентификации и небольшого количества исследований в настоящее время сложно получить представление о биогеографии и функционировании грибов, обитающих в Арктике. Для выявления более полной картины необходимы циркумполярные исследования микобиоты Арктики с применением комплекса методов, а также проведение дополнительных исследований для понимания взаимосвязи между различными методологическими подходами.

\*Ольга Алексеевна Грум-Гржимайло: [olgrgr@wsbs-msu.ru](mailto:olgrgr@wsbs-msu.ru)

**КРАЕВЫЕ ПОПУЛЯЦИИ БАЛЯНУСА *SEMIBALANUS BALANOIDES*  
(CRUSTACEA, CIRRIPIEDIA) КАК БИОИНДИКАТОР ВЛИЯНИЯ РАННИХ  
КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СРЕДЫ**

**А.В. Гудимов\***

*Мурманский морской биологический институт РАН*

В наземных экосистемах Арктики, также как и в высокогорных экосистемах, результаты потепления климата заметнее, чем в других регионах. Последствия глобальных изменений климата для биологических сообществ морских экосистем не так очевидны. Они трудны для наблюдения и анализа, особенно, на коротких временных интервалах в 3 - 5 лет, т.к. изменения популяций происходят постепенно и потому малозаметны при существующей системе биомониторинга. Целью наших исследований был поиск видов-биоиндикаторов ранних климатических изменений и разработка метода биоиндикации влияния климата на экосистему по изменению литоральных сообществ. Дело в том, что в наибольшей степени и в первую очередь воздействию атмосферных факторов и климатических изменений среды подвергаются организмы литорали, прежде всего, эпибионты, такие как усногий рак-баланус *Semibalanus balanoides* (Crustacea, Cirripedia) – массовый вид донной фауны литорали северных морей. Установлено, что наблюдаемое с 2005 по 2020 гг. (и по настоящее время) неуклонное и значительное уменьшение средней численности балаанусов на эстуарной литорали кута Кольского залива, а затем и всего южного колена залива, происходит вследствие климатических изменений основных факторов среды, и периодического появления их сезонных аномалий. При этом, в типично морских литоральных биотопах Мурмана, имеющих нормальную соленость (25 - 32‰), уменьшения численности балаанусов за этот период потепления климата не произошло, местами их обилие, наоборот, выросло. В процессе исследования было установлено, что в условиях постоянного сильного опреснения эстуарной литорали и, особенно, в условиях критической солености (< 5 ‰), рачки реагируют на изменения факторов намного сильнее и быстрее, чем в типично морских популяциях. Анализ результатов показал, что в условиях краевых биотопов, когда популяция вида находится на грани выживания, зависимость организма от факторов внешней среды многократно возрастает. В краевых биотопах

давление условий среды достигает максимума, делая организм намного чувствительнее даже к незначительным, для оптимальных условий, изменениям экологических факторов. Экологическая резистентность баянусов, как и многих других литоральных организмов, хорошо известна. Тем не менее, чувствительность этого в целом толерантного вида значительно меняется в условиях краевого биотопа. Реакция краевых популяций на колебания факторов среды, связанных с климатом (соленость, температура), определила их статус, как биоиндикаторов ранних климатических изменений. При этом достоверные изменения численности происходили в масштабе от 3 - 6 месяцев до 3 лет, в зависимости от степени климатических изменений среды.

*\*Александр Владимирович Гудимов: alexgud@mail.ru*

## **ФАУНА РАКООБРАЗНЫХ ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ КАРАГИНСКОГО РАЙОНА (СЕВЕРНАЯ КАМЧАТКА): ТАКСОНОМИЯ, ФАУНИСТИКА И БИОГЕОГРАФИЯ**

**И.А. Дадыкин<sup>1, \*</sup>, А.А. Новичкова<sup>1</sup>, Е.С. Чертопруд<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;*

<sup>2</sup> *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*

Несмотря на многолетние исследования, ракообразные континентальных водоемов полуострова Камчатка до сих пор слабо изучены. Основная масса работ посвящена составу зоопланктона крупных озер, являющегося кормом молоди рыб. К настоящему времени фауна Камчатки насчитывает 114 видов ракообразных, при том, что север региона практически не исследован. Данная работа посвящена ракообразным ранее не изученного Карагинского района, расположенного в северной части Камчатского полуострова. Цель работы – описание состава ракообразных внутренних водоемов острова Карагинский и прилегающей материковой части Камчатки. Параллельно выполнен сравнительный анализ фаун микроракообразных Евразийских регионов, входивших в состав древней суши

Берингии. Пробы были взяты в июле-августе 2022 г. в 114 водоемах различных типов. Обнаружено 100 видов ракообразных из 9 отрядов, причем 44 вида являются новыми для Камчатки: Cladocera – 13, Anostraca – 1, Copepoda – 16, Ostracoda – 8 видов. Вид *Halicyclops itohi* Ueda & Nagai, 2012 (Copepoda) впервые обнаружен на территории России. Рассмотрена морфология ранее не изученных берингийских форм видов *Drepanothrix* cf. *dentata* (Euren, 1861) и *Lathonura* cf. *rectirostris* (O.F. Müller, 1785) (Cladocera). *D.* cf. *dentata* отличается от европейской формы отсутствием зазубрины на спинном крае створки раковинки. *L.* cf. *rectirostris* характеризуется наличием групп мелких зубчиков, чередующихся с одиночными крупными, на задне-нижнем крае створок. В солоноватоводных лагунах и водотоках число видов ракообразных было достоверно ниже, чем в озерах. Кладоцеры были преобладающей по видовому богатству группой в большинстве типов водоемов. На настоящий момент фауна ракообразных Карагинского района выявлена лишь частично. Аппроксимация кривой накопления видов Коулмана дает оценку предельного объема фауны в 148 видов, что в 1,5 раза больше, чем известно на данный момент. Потенциальное видовое богатство Карагинского района сравнимо с таковым плато Путорана, дельты реки Лена, Камчатского и Чукотского полуостровов. При кластеризации фаун Cladocera и Copepoda регионов Берингии остров Карагинский группируется с Магаданской областью и Шантарскими островами. Для этих территорий наиболее сходен состав активно расселяющихся Cyclozoidea (перекрывание фаун 65 и 60 %, соответственно). Магаданская область и остров Карагинский лежат в одном диапазоне широт и имеют близкие климатические условия. Шантарские острова с островом Карагинским сближает островное обеднение фауны, обусловленное изоляцией, климат, и отсутствие крупных водоемов вулканического происхождения, характерных, например, для Камчатки. Представленные исследования Карагинского района дополняют картину распределения видового богатства ракообразных между регионами древней Берингии. Дальнейший молекулярно-генетический анализ материала позволит расширить представления о фауне Северной Камчатки и выявить новые для науки виды.

Исследования поддержаны проектом РФФ № 23-24-00054.

\*Иван Антонович Дадыкин: [ivan.dadykin@gmail.com](mailto:ivan.dadykin@gmail.com)

**ОСОБЕННОСТИ ПОЗДНЕГО ЭМБРИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ *PODON*  
*LEUCARTII* (G.O. SARS, 1862) (ONYCHOPODA, CLADOCERA)**

**Е.К. Дегтярева\***

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных;  
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,  
лаборатория экологии водных сообществ и инвазий*

Ветвистоусые ракообразные (Crustacea: Cladocera) – одна из доминирующих групп беспозвоночных животных в пресных водоемах и водотоках. В морях и океанах данная группа представлена лишь несколькими семействами. Наиболее распространены в морских экосистемах представители отряда Onychopoda (Podonidae, Cercopagididae). Гораздо реже встречаются Stenopoda (Sididae, Pseudopenilidae) и Anomopoda (Bosminidae) (Коровчинский и др., 2021; Möllmann et al., 2002). В акватории Белого моря на данный момент отмечено только одно семейство Cladocera, Podonidae, представленное тремя видами: (1) *Evadne nordmanni* Lovén, 1836, (2) *Pleopsis polyphemoides* (Leuckart, 1859) и (3) *Podon leucartii* (G.O. Sars, 1862). В проливе Великая Салма одним из наиболее массовых видов Podonidae является *P. leucartii*. Данный вид предпочитает соленость воды близкую к нормальной океанической, однако способен переносить значительное опреснение. Несмотря на то, что *P. leucartii* был описан Г.О. Сарсом еще во второй половине XIX века, его биология по-прежнему изучена недостаточно. Цель моей работы заключалась в описании особенностей поздних этапов эмбрионального развития *P. leucartii* и их сравнении с этапами эмбрионального развития у других групп ветвистоусых ракообразных. При этом особое внимание было уделено описанию изменений, происходящих в ходе эмбриогенеза с туловищными конечностями, поскольку для представителей отряда Onychopoda характерно необычное для других Branchiopoda строение туловищных конечностей. В отличие от представителей других групп низших ракообразных, хищные ветвистоусые обладают не листовидными, а цилиндрическими конечностями. Материалом для моей работы послужили пробы, собранные планктонным сачком с

пирса Беломорской биологической станции МГУ. Эмбрионы были извлечены из партеногенетических самок *P. leucartii* под стереомикроскопом и зафиксированы в 4%-ом растворе формальдегида, приготовленном на фосфатном буфере. Исследование внешнего и внутреннего строения эмбрионов было проведено методами световой и сканирующей электронной микроскопии. По результатам микроскопической обработки материала было установлено, что в позднем эмбриональном развитии у *P. leucartii* можно выделить три стадии. Первая стадия начинается сразу после гастрюляции. В первую стадию происходит разделение на отделы тела, закладываются головные и туловищные конечности. Вторая стадия характеризуется как стадия роста и усложнения. Появляется зачаток глаза, закладывается и развивается карапакс. Головные и туловищные конечности увеличиваются в размерах, приобретают зачатки щетинок. Зачаток кауды удлиняется, появляются каудальные когти и щетинки. Третья стадия начинается с появлением у эмбриона кутикулярного покрова. В эту стадию происходит окончательное формирование всех структур, начинается двигательная активность. В конце стадии эмбрион покидает материнский организм. Основные процессы позднего эмбрионального развития *P. leucartii* сходны с таковыми у других ветвистоусых ракообразных. Как и для других Cladocera, для *P. leucartii* характерна эмбриональная линька (последовательное сбрасывание яичевых и личиночных оболочек). К сожалению, в отличие от *Euricercus*, *Daphnia* и *Diaphanosoma*, наблюдение за развитием эмбрионов *P. leucartii in vivo* не представляется возможным. Как следствие нельзя установить точное число оболочек и зафиксировать время их сбрасывания. Последовательность закладки головных и туловищных конечностей у *P. leucartii* такая же, как и у других видов Cladocera. Главными отличиями в развитии *P. leucartii* (по сравнению с Stenopoda и Anomopoda) являются ограниченный рост боковых выростов карапакса и формирование цилиндрических (а не листовидных) конечностей. Стадия листовидных конечностей у эмбрионов *P. leucartii* полностью отсутствует. В дальнейшем, полученные новые данные о формировании торакальных конечностей у *P. leucartii* будут использованы мной для выявления общих закономерностей развития конечностей в разных группах Onychopoda.

Автор выражает благодарность сотрудникам Беломорской биологической станции МГУ за предоставленное оборудование и помощь в работе, а также А.Н. Неретиной, А.А. Котову и А.Ю. Синеву за поддержку и помощь в работе. Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ (проект № 22-14-00258).

\*Елена Константиновна Дегтярева: *toyтира@gmail.com*

**ПОЗДНЕЕ ЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ *BYTHOTREPHERS  
CEDERSTROEMII* SCHOEDLER, 1877 (CRUSTACEA: ONYCHOPODA)**

**Е.К. Дегтярева\***

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных;  
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,  
лаборатория экологии водных сообществ и инвазий*

Ветвистоусые ракообразные – типичные представители планктона и бентоса внутренних водоемов всех континентов. По типу питания большинство описанных к настоящему времени ветвистоусых ракообразных являются первичными консументами. Однако представители отряда Onychopoda освоили хищный образ жизни в связи с чем, общий план строения их тела претерпел существенные изменения. Так, туловищные конечности взрослых Onychopoda имеют цилиндрическую форму и сильно специализированы, в то время как у большинства других ветвистоусых ракообразных туловищные конечности уплощенные, листовидные. В составе фауны Нижнего Нильмозера отмечено два вида хищных Cladocera: (1) *Polyphemus pediculus* (Linnaeus, 1761) (Polyphemidae) и (2) *Bythotrephes cederstroemi* Schödler, 1863 (Cercoragididae). Благодаря характерному облику, эти виды хорошо узнаваемы в гидробиологических пробах среди других ветвистоусых рачков. Будучи активными хищниками и питаясь другими ракообразными, Onychopoda оказывают значительное влияние на видовой и количественный состав

зоопланктона (Shultz, Yurista 1999). Некоторые инвазивные виды Onychopoda наносят ощутимый экономический ущерб, трансформируя водные экосистемы. Ввиду большой хозяйственной значимости, многие аспекты биологии и экологии этого отряда относительно хорошо изучены. Однако данные по эмбриональному развитию этих ветвистоусых ракообразных все еще не полны. Так, у *B. cederstroemii* было исследовано только раннее эмбриональное развитие (Alwes, Scholtz 2014). Особенности позднего эмбрионального развития у этого вида были описаны чрезвычайно кратко (Yurista, 1992). В связи с этим цель данной работы – изучить особенности позднего эмбрионального развития *B. cederstroemii*. Материал для данной работы был собран в Нижнем Нильмозере (республика Карелия, Лоухский район) при помощи планктонного сачка. Эмбрионы были извлечены из партеногенетических самок *B. cederstroemii* под стереомикроскопом, отмыты в натрий-фосфатном буфере и помещены в 40%-й раствор формальдегида на трое суток. Хранение проб производилось в 70% этаноле. Исследование внешнего и внутреннего строения эмбрионов было проведено методами световой и сканирующей электронной микроскопии. По результатам микроскопической обработки материала, нами выделено три последовательные стадии в позднем эмбриональном развитии *Bythotrephes cederstroemii*. Во время первой стадии происходит начальное формирование тела: становятся хорошо отличимы его головной и туловищные отделы, последовательно начинают закладываться головные и туловищные конечности. В течение второй стадии появляется зачаток глаза, туловищные конечности становятся двуветвистыми и окончательно приобретают цилиндрическую форму, появляются и растут зачатки карапакса, кауды и хвостовой иглы. Третья стадия является завершающей и характеризуется появлением кутикулярного покрова на всей поверхности тела, а также началом активной двигательной деятельности. Эмбрион в конце третьей стадии отличается от взрослых особей только меньшими размерами тела и пока еще не отвердевшей и не расправившейся хвостовой иглой. Таким образом, план позднего эмбрионального развития *B. cederstroemii* схож с общим планом эмбриогенеза, описанным для других ветвистоусых ракообразных. В процессе развития, эмбрионы *B. cederstroemii* сбрасывают яичевые и личиночные оболочки, хорошо заметные под сканирующим электронным микроскопом. В ходе нашего исследования было установлено, что упрощенное (относительно других Onychopoda) вооружение туловищных

конечностей закладывается в таком виде изначально, как и цилиндрическая форма самих конечностей.

Автор выражает благодарность сотрудникам Беломорской биологической станции МГУ за предоставленное оборудование и помощь в работе. Также автор выражает благодарность сотрудникам Межфакультетской лаборатории электронной микроскопии МГУ и сотрудникам лаборатории электронной микроскопии ИПЭЭ им. А.Н. Северцева РАН за предоставленное оборудование. Не в последнюю очередь автор благодарит А.Н. Неретину, А.А. Котова, Н.М. Коровчинского и А.Ю. Синева за поддержку и помощь в работе. Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ (проект № 22-14-00258).

\*Елена Константиновна Дегтярева: [toyтира@gmail.com](mailto:toyтира@gmail.com)

## **ВОЗНИКНОВЕНИЕ МАГИСТРАЛЬНОГО ТЕЧЕНИЯ ГИДРОПЛАЗМЫ В ПОБЕГАХ КОЛОНИАЛЬНОГО ГИДРОИДА *DYNAMENA PUMILA* (L., 1758)**

**В.С. Дементьев\*, Н.Н. Марфенин**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

В проведенном исследовании описано формирование у колониальных гидроидов (Hydrozoa) магистральных гидроплазматических течений, выходящих из побега в столон и способных переносить пищевые частицы по столонам на противоположный конец нецентрализованного организма. Объект исследования – гидроид *Dynamena pumila* (L., 1758). Использован метод ежеминутной визуальной регистрации направления движений частиц в гидроплазме в каждом модуле побега на протяжении 1,5 ч. Исследование показало, что гидроплазма в побеге чаще остается на месте, чем перемещается. В большинстве случаев, когда возникают перемещения гидроплазмы, они краткосрочны. Среди них время от времени выделяются более продолжительные перемещения, отличающиеся периодичностью появления. Такие течения гидроплазмы были зарегистрированы как в пределах

побега, так и на его границе со столоном. Это означает, что объем гидроплазмы в побеге периодически становится то избыточным, то недостаточным. Установлено, что магистральные исходящие из побега ГПТ образуются регулярно с периодом  $14,8 \pm 3,4$  мин. Входящие в побег ГПТ также ритмичны ( $15,1 \pm 5,0$  мин), но если исходящие ГПТ обычно наполнены частицами пищи, то возвращающиеся ГПТ, как правило, содержат мало частиц. В пульсациях гидрантов на побеге больше хаоса, чем в стволе побега, т.е. период поступления ГПТ из гидрантов в ствол побега значительно варьирует. Раньше это заставляло предполагать, что исходящие ГПТ формируются только под влиянием входящих, как ответная реакция на растяжение ценосарка при поступлении гидроплазмы в побег (под давлением других пульсаторов в колониальном организме). Однако выяснилось, что между появлением входящего и началом исходящего ГПТ проходит в среднем 5 мин. За это время гидроплазма наполняет не только ствол побега, но и гидранты, которые в ответ сжимаются, хотя и не одновременно. Гидранты выдавливают при сжатии гидроплазму в ствол побега, после чего и ценосарк побега начинает сжиматься. Выяснилось, что при поминутном учете пульсаций гидрантов проявляется четкая периодичность, совпадающая с периодичностью исходящих из побега ГПТ, возникающих в результате сжатий ценосарка ствола. При этом гидроплазма еще не может поступить в гидранты до окончания продолжительной фазы их сжатия. В противном случае перемещения гидроплазмы были бы ограничены только пространством побега. Таким образом, в нецентрализованной системе, какой является колониальный организм у *D. pumila*, согласование пульсаций гидрантов и ценосарка происходит со значительным люфтом. У ценосарка как единого целого пульсации ритмичны с незначительными флуктуациями, в то время как гидранты – источники множества мало ритмичных пульсаций (с большими вариациями периода). Поэтому вклад гидрантов в формирование магистрального ГПТ проявляется не одномоментно, а в течение нескольких минут в интервале между входящим и исходящим течениями.

\*Виталий Сергеевич Дементьев: demvitaly@mail.ru

## МИКРОБНЫЕ ПРОЦЕССЫ, ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В ВОДОЕМАХ ГУБЫ КАНДА, ОТДЕЛЕННЫХ ОТ БЕЛОГО МОРЯ

Н.А. Демиденко<sup>1, \*</sup>, А.С. Саввичев<sup>2</sup>, Е.Д. Краснова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН;*

<sup>2</sup> *ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН,*

*Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского;*

<sup>3</sup> *Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова*

В ноябре 1914 г. были начаты строительные работы по трассе железной дороги на Мурман. Шхерный район вершины Кандалакшского залива – губа Канда был отделен фильтрующей дамбой от Белого моря в 1916 г. С тех пор происходит процесс изменения гидролого-гидрохимических и экологических условий в губе Канда. Среди озер морского происхождения, возникших в результате отделения от моря лагун и заливов, выделяются водоемы, получившие название меромиктических. Меромиктические водоемы характеризуются наличием анаэробной зоны в монимолимнионе. Анаэробные условия создаются за счет протекания микробных процессов деструкции органического вещества, вызывающих истощение растворенного кислорода. Несколько последних лет в 2015-2023 гг. проводятся исследования меромиктических водоемов в зимнее время и особое внимание уделено гидролого-гидрохимическим и микробным процессам, экологическим условиям функционирования экосистемы. Целью исследований было получение количественных гидрологических характеристик в изолированной части Белого моря и объективных параметров интенсивности микробных процессов циклов углерода и серы в водной толще и верхнем слое донных осадков губы Канда. Гидрологический режим губы Канда – это сложный и сжатый во времени техногенный вариант процесса отчленения от моря системы крупных озер. Большинство озер, расположенных вблизи побережья Кандалакшского залива, по происхождению являются участками морских акваторий. Губа Канда – единственный крупный водоем, где этот процесс можно наблюдать в промежуточной стадии, когда устойчиво существуют пресноводные и морские водные массы. По характеру протекания микробных процессов губа Канда подобна

озеру Могильному на острове Кильдин. Губа Канда может служить хорошей моделью для исследования процессов водообмена в условиях резко выраженной плотностной стратификации вод, возникающей при отделении от моря и опреснении вод морского залива. В различных акваториях залива Канда проведены исследования состава микробного сообщества придонного водного слоя. Показано, что в придонной воде залива Канда меняется кислородный режим, возрастает концентрация сероводорода и метана, активизируются процессы сульфатредукции и метаноокисления. Заметно меняется состав микробного сообщества, уменьшается численность истинно морских и пресноводных микроорганизмов, развиваются бактерии и археи, доминирующие в микробных сообществах аноксигенных вод меромиктических водоемов. При устойчивом водообмене вод через морскую дамбу состав микробного сообщества вод залива Канда не будет существенно меняться и будет подвержен только сезонным и межгодовым колебаниям. При негативном развитии событий можно дать прогноз превращения залива Канда в стратифицированный водоем с аноксигенным придонным водным слоем и сообществом микроорганизмов, сходным с меромиктическими водоемами. Несомненно, изучение механизма образования сероводорода и его влияния на экосистемы таких водоемов представляет большой интерес для рыбного хозяйства.

*\*Николай Александрович Демиденко: demidenko\_nikola@mail.ru*

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИХЕТ НА РАЗРЕЗЕ «КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН» В ПЕРИОД КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

**Д.Р. Дикаева\***

*Мурманский морской биологический институт РАН*

Юго-западная часть Баренцева моря, где расположен разрез «Кольский меридиан» является районом проникновения атлантических вод в Арктику. В последнее десятилетие многими исследователями отмечаются высокие показатели

теплосодержания вод Баренцева моря, зарегистрированные на разрезе «Кольский меридиан». Подобные климатические колебания существенно влияют на структуру и состав донных беспозвоночных, поэтому, изучение видового состава и структуры донных сообществ на разрезе «Кольский меридиан» в современный период исследования вызывает особый интерес. В результате экспедиций ММБИ в 2019 г. были продолжены мониторинговые исследования на разрезе «Кольский меридиан» с целью выявления изменений в распределении сообществ полихет. В юго-западной части Баренцева моря проходит граница арктической и бореальной областей, что определенным образом сказывается на соотношении между биогеографическими группами. Доля бореальных и арктических видов полихет вдоль Кольского меридиана ежегодно изменяется, что объясняется сложностью изменения температурного режима в струях Мурманского и Нордкапского течений. Реакция полихет на изменение теплосодержания водных масс особенно заметна в южной части разреза, подверженной влиянию теплых водных масс Мурманского течения. Сравнение полученных данных с результатами предыдущих исследований показало значительное увеличение доли бореальных видов в южной части разреза, в районе влияния теплой Прибрежной и Основной ветви Мурманского течения (ст. 2, 5). Ранее нами предпринимались попытки проследить, как влияют изменения температуры воды на структуру донных организмов. В настоящее время, с увеличением ряда наблюдений можно проверить полученные ранее результаты. В соответствии с методикой К.Н. Несиса на станциях 2 - 8 разреза «Кольский меридиан» для каждого года исследования (1995, 1997, 2000, 2001, 2003, 2007, 2010, 2011, 2012, 2019 г.) были подсчитаны средние значения доли бореальных и арктических видов полихет. Положительная корреляция с температурными аномалиями были получены для бореальных видов с задержкой в 4 года, отрицательная корреляция была отмечена для арктических видов с задержкой 3 года. Соотношение количества бореальных и арктических видов имеет максимальный положительный коэффициент корреляции с задержкой в 3 года. Значительное увеличение видового разнообразия и количества бореальных видов в 2019 г. в прибрежной части разреза, вероятно, является следствием длительного теплого периода с аномально высокими показателями температуры воды. Исследование корреляции бореальных и арктических видов с температурным

режимом вод показало, что реакция видов разных биогеографических групп имеет противоположный вектор и отличается временем задержки (3-4 года), что подтверждает выводы предыдущих исследований.

\*Динара Раилевна Дикаева: [dinara.dikaeva@yandex.ru](mailto:dinara.dikaeva@yandex.ru)

## ВОДОРΟΣЛЕВОЙ КОМПОНЕНТ ЛИТОРАЛИ В СОСТАВЕ КОНСТРУКТОЗЕМОВ

З.С. Ежелев\*, Н.А. Шнырев

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Активное промышленное освоение Арктического региона началось еще в начале прошлого столетия, однако продолжается до сих пор. Данный регион известен своими тяжелыми климатическими условиями. Известно, что в северных широтах остро стоят проблемы авитаминоза и нехватки свежих растительных компонентов в рационе местного населения. Настоящая работа посвящена созданию *de novo* почвенных субстратов (конструктоземов) на основе водорослей зоны литорали. Сбор материала был проведен в окрестностях Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова. Объектами изучения были выбраны естественные биотические и геологические материалы (водорослевая компонента литорали и песок верхней литорали), лишенные сорных примесей и патогенов. На литорали были собраны живые *Fucus veciculosus*, *F. distichus*, *F. serratus*, *Saccharina latissima*, *Laminaria digitata*. Также производился сбор вала мертвых водорослей с последующим определением его видового состава. Все собранные образцы были сфотографированы и обезвожены до воздушно-сухого состояния. После чего водоросли были измельчены для определения некоторых водно-физических характеристик (набухания, коэффициента фильтрации, влагоемкости). В результате исследования было показано, что в состав водорослевого субстрата входят

фитокolloиды, которые улучшают структуру почвы, снижают провальную фильтрацию почв и песком легкого гранулометрического состава и увеличивают содержание влаги. Помимо этого водорослевый компонент богат микроэлементами, что способствует регуляции обменных процессов у растений. Также, водоросли выступают в роли матрицы для закрепления и метаболизма почвенных микробов. Таким образом, водорослевый компонент может быть рассмотрен в виде ключевой добавки в модели почвенных смесей, матрицей которых является песок. Создание конструкторов на основе водорослей литорали способствует укреплению продовольственной безопасности отдельных домохозяйств и позволяет выращивать органическую растительную продукцию.

Работа выполнена в рамках НИР «Физические основы экологических функций почв: технологии мониторинга, прогноза и управления».

*\*Захар Сергеевич Ежелев: [ejelevsoil@gmail.com](mailto:ejelevsoil@gmail.com)*

## **К ВОПРОСУ О МИГРАЦИЯХ И ФОРМИРОВАНИИ ПОПУЛЯЦИИ МОЕВОК НА АРХИПЕЛАГЕ НОВАЯ ЗЕМЛЯ**

**А.В. Ежов\***

*Мурманский морской биологический институт РАН*

Ранее при исследовании чайковых птиц Баренцева моря существовало представление о единой популяции моевок на архипелаге Новая Земля. Считали, что заселение моевками архипелага происходило за счет особей атлантических популяций. Изучение пространственного размещения птиц во внегнездовой период осуществляли путем классического кольцевания, что в итоге не привело к скольким-нибудь заметным положительным результатам. С 2009 г. с этой целью использовали геолокаторы (логгеры), это позволило определить сроки, маршруты сезонных

миграций и установить районы зимовки моевок с севера и юга архипелага. Данные логгеров моевок с юга архипелага продемонстрировали, что почти четверть меченых птиц из колонии в районе пролива Карские Ворота проводили зимовку в Тихом океане. Причем для каждой из зимовавших особей был присущ свой постоянный район зимовок. В тоже время моевки из колонии о. Богатый (залив Русская гавань, Северный остров) осенью, после окончания периода гнездования, также осуществляли кочевку в восточном направлении, в течение нескольких дней достигая районов архипелагов Северная Земля и Новосибирские о-ва. Но после непродолжительного пребывания на акватории моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря, эти особи начинали возвратное движение в западном направлении, пересекая акваторию Карского моря, и далее уже направлялись к местам зимовок в Северной Атлантике традиционными для всех остальных птиц региона маршрутами. Характерно, что остальное большинство меченых птиц из обеих колоний, после сезона размножения изначально мигрировали в западном направлении через акваторию Баренцева моря в стороны традиционных районов зимовки в Северной Атлантике. Если считать, что миграционные пути являются до некоторой степени отражением путей заселения архипелага, то можно допустить, что западное побережье Новой Земли моевки колонизировали с двух направлений из разных центров исторических ареалов: из Атлантики (в большей степени) и Пацифики. Северный остров в полной мере колонизировали птицы Северной Атлантики, а южный – в том числе и особи из Пацифики. Учитывая совместное гнездование и создание смешанных пар (из птиц разного происхождения), в настоящее время мы являемся свидетелями формирования единой новоземельской популяции моевок с притоком и смешением генотипов атлантических и тихоокеанских популяций моевок. При этом моевки тихоокеанского происхождения вносят заметный вклад в формирование поселений вида на атлантическом побережье, а особи атлантического происхождения вполне могут положить начало этому процессу на побережье и архипелагах Сибири, таких как Северная Земля и Новосибирские острова в ближайшем будущем.

*\*Алексей Викторович Ежов: mr.haliaeetus51@mail.ru*

**ТАКИЕ ОДИНАКОВЫЕ, НО ТАКИЕ РАЗНЫЕ: МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И  
ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КОМПЛЕКСА ВИДОВ  
*CADLINA LAEVIS* (GASTROPODA: NUDIBRANCHIA)**

**И.А. Екимова<sup>1,\*</sup>, Д.Ю. Гришина<sup>1</sup>, Н.Р. Крупицкая<sup>1</sup>, Т.И. Антохина<sup>2</sup>,  
О.В. Чичвархина<sup>3</sup>, Д.М. Щепетов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;*

<sup>2</sup> *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН;*

<sup>3</sup> *Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмудского ДВО РАН*

В данной работе мы представляем результаты изучения морфологии, молекулярной филогении, видовой идентичности, и экологических характеристик представителей видового комплекса *Cadlina laevis*. Традиционно считалось, что данный вид имеет широкое распространение в бореальных зонах Атлантики и Пацифики, а также распространен в субарктических водах Белого и Баренцева морей. Дальнейшие исследования показали, что распространение *Cadlina laevis* s. str. включает только Атлантику и приполярные области Арктики, в то время как в Тихом океане он представляет собой комплекс близких криптических видов. Тем не менее, морфологические отличия между этими видами укладываются в морфологическую изменчивость *Cadlina laevis* s. str. в Атлантике. Наши результаты подтвердили вывод предшествующих исследований о том, что вид *Cadlina laevis*, считавшийся прежде амфибореальным, в действительности представляет собой комплекс криптических видов. Наши результаты, тем не менее, значительно дополняют эту картину: молекулярный анализ выявил сразу 7 новых клад (в дополнение к уже описанным видам). Дистанции между разными кладами внутри комплекса *Cadlina laevis* составляют всего 2-3% (COI), что может свидетельствовать как о межвидовой, так и о внутривидовой изменчивости. Делимитационные тесты также не дают однозначного ответа на вопрос в видовом статусе этих клад (в зависимости от анализа изучаемые особи разделяются на 1, 2, 12, 13 групп). Таким образом, обнаруженное разнообразие может представлять собой как комплекс из, как минимум, 11 очень близких, криптических видов, так и быть частью единого амфибореального вида *Cadlina laevis* s. l. с локальными частично изолированными популяциями и широкими границами морфологической изменчивости.

Предварительные данные по экологии представителей комплекса *Cadlina laevis* показали, что представители различных клад могут иметь различные объекты питания: так, в желудках представителей *Cadlina* sp. 4 были найдены спикулы стеклянных губок, в желудках *Cadlina* sp. 5, *Cadlina* sp. 6 обнаружены твердые ажурные структуры очевидно не-губочного происхождения. Полученные калиброванные хронограммы указывают на то, что дивергенция отдельных филогенетических линий *Cadlina laevis* происходила в течение последних 2 млн. лет в Тихом океане, с однократным вселением предковых форм *Cadlina laevis* s. str. в Атлантический океан около 1,1 млн. лет назад. В то же время, дивергенция некоторых курильских видов (например, *Cadlina* sp. 5, *Cadlina* sp. 6-340 тыс. л. н.) была реконструирована как более раннее событие, нежели дивергенция отдельных гаплогрупп *Cadlina laevis* (~500 тыс. лет назад). Это свидетельствует о крайне сложной эволюционной истории как *Cadlina laevis* s. str. в Атлантическом океане, так и всего комплекса в целом, и таким образом, эта группа представляется крайне интересным модельным объектом для изучения механизмов видообразования в бореальных и Арктических сообществах.

Работа поддержана грантом РФФИ №74-20-10012.

\*Ирина Александровна Екимова: [irenekimova@gmail.com](mailto:irenekimova@gmail.com)

## **ОЛЕДЕНЕНИЯ, ПОТЕПЛЕНИЯ, ГОЛОЖАБЕРНЫЕ МОЛЛЮСКИ: ПОПУЛЯЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА И ФИЛОГЕОГРАФИЯ ТРАНС- АРКТИЧЕСКИХ ВИДОВ NUDIBRANCHIA**

**И.А. Екимова\*, Д.М. Щепетов, М.В. Становова**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Традиционно считается, что в бореальных и арктических зонах Мирового океана обитает большое количество широко распространенных видов, обладающих амфибореальным, аркто-бореальным или циркумполярным типом ареала. В

последние года, благодаря широкому применению молекулярно-филогенетических методов, удалось показать значительную генетическую неоднородность данных видов, большинство из которых теперь представляют собой комплексы криптических и псевдокриптических видов. Тем не менее, накопленные данные свидетельствуют о том, что широко распространенные виды с циркумполярным или амфибореальным распространением все же существуют, хотя и в меньшем масштабе, нежели предполагалось ранее. В то же время, видовые критерии в случае транс-арктических видов и их комплексов остаются слабо проработанными, а связанность географически удаленных популяций нуждается в дополнительной верификации. Нами была изучена генетическая структура нескольких транс-арктических видов голожаберных моллюсков, широко распространенных в бореальных и приполярных регионах северного полушария: *Coryphella verrucosa*, *Onchidoris muricata*, *Dendronotus frondosus*, *Aeolidia papillosa*. Для данных видов были оценены времена дивергенции отдельных митохондриальных гаплогрупп, реконструированы предковые ареалы, проведена статистическая оценка связанности удаленных популяций, тесты нейтральности, а также тесты изменения динамики эффективной численности популяции во времени. Полученные реконструкции времен дивергенции отдельных групп транс-арктических видов по гену COI были наложены на данные палеотемпературы и реконструкции динамики уровня моря в течение плейстоцена. Рода *Coryphella*, *Onchidoris*, *Dendronotus* и *Aeolidia* имеют тихоокеанское происхождение, о чем свидетельствуют данные по филогении данных групп, оценки времен дивергенции с применением молекулярных часов, и реконструкция предковых ареалов. Для всех изученных транс-арктических видов было продемонстрировано четкое разделение на атлантико-арктические и тихоокеанские гаплогруппы. Это разделение соответствует интерглясиалам MIS9 (300-337 Ky), MIS11 (374-424 Ky), MIS13 (474-524 Ky). Во всех случаях, кроме *D. frondosus*, мы предполагаем, что донорным регионом выступал Тихий океан, а реципиентным – Арктика и Атлантика. Дивергенция всех широко распространенных амфибореальных видов голожаберных моллюсков соответствует палеоклиматологической динамике, при этом при оледенениях популяции сохранялись во множественных рефугиумах. У ряда видов (например, *C. verrucosa*, *D. frondosus*, *O. muricata*) часть таких популяций подвергалась значительной редукции генетического разнообразия. В то же время некоторые популяции

сохраняли свое генетическое разнообразие, причем структура гаплосетей указывает на то, что это были более «южные», европейские или североамериканские популяции, которых оледенения затронули в меньшей степени. Постгляциальная реколонизация Арктики шла из разных рефугиумов, в том числе арктических.

Работа поддержана грантом РФФИ №20-74-10012.

\*Ирина Александровна Екимова: irenekimova@gmail.com

## КОПЕПОДЫ *NUCELLICOLA* SP. (CHITONOPHILIDAE) – ЭНДОПАРАЗИТЫ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ

И.К. Еньшина<sup>1</sup> \*, Д.Ю. Крупенко<sup>1</sup>, Г.А. Кремнев<sup>1</sup>, А.А. Миролюбов<sup>2</sup>,  
А.С. Савченко<sup>3</sup>, Р. Хьюйс<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет;

<sup>2</sup> Зоологический институт РАН;

<sup>3</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

<sup>4</sup> Музей естественной истории (Natural history museum, London, UK)

Веслоногие ракообразные или копеподы характеризуются высокой экологической пластичностью. Хотя в первую очередь они известны как свободноживущие планктонные и бентосные организмы, многие представители копепод обитают в ассоциациях с различными морскими животными. Тем не менее, эндопаразитических форм среди них известно достаточно немного. Род *Nucellicola* Lamb, Voxshall, Mill & Grahame, 1996 относится к семейству Chitonophilidae. Большинство хитонофилид являются мезопаразитами хитонов, а представители рода *Nucellicola* sp. – единственные известные эндопаразиты гастропод в данном семействе. Взрослые особи данных паразитов сильно трансформированы и практически полностью лишены признаков свободно живущих форм. Изучение подобных специализированных паразитов позволит выявить общие адаптации, возникающие у ракообразных при переходе к паразитизму. Тем не менее, копеподы

*Nucellicola* sp. до сих пор остаются практически неисследованными. Недавно нами были обнаружены два новых вида рода *Nucellicola* в типичных брюхоногих моллюсках Белого и Баренцева морей (*Buccinum undatum* L., 1758 и *Neptunea despecta* (L., 1758)). И сейчас мы ведем активную работу по описанию всех стадий жизненного цикла данных организмов, а также изучению строения и метаморфоза основной паразитической стадии – половозрелой самки. Тело самки *Nucellicola* sp. функционально состоит из двух отделов – трофического и репродуктивного. Трофический отдел дает начало множеству столонов, пронизывающих ткани моллюска, а также образует длинную извитую структуру – яйцевую трубку, которая содержит развивающиеся эмбрионы. Также в теле самки мы обнаружили хорошо развитую мускулатуру, наличие которой у данных паразитов ранее не было описано. В репродуктивном отделе располагается женская половая система. От пары трубчатых яичников отходит два плотно уложенных яйцевода, которые в дистальной части сливаются, формируя единый проток, открывающийся гонопором. Дистальные участки яйцеводов ассоциированы с множеством секреторных клеток, которые в литературе обычно называют «цементные железы». Также имеется пара вспомогательных желез, протоки которых открываются возле гонопора. Самцы *Nucellicola* sp. сильно редуцированы и живут, прикрепившись к репродуктивному отделу самки. Они располагаются внутри мембранного мешка, который представляет собой складку стенки репродуктивного отдела. Паразиты *Nucellicola* sp. обладают рядом уникальных черт строения, а также демонстрируют тенденции, в целом характерные для паразитических копепод. Последующее сравнение полученных нами данных с имеющейся в литературе информацией позволит выявить закономерности, связанные с эволюцией паразитизма среди ракообразных.

\*Ирина Константиновна Еньшина: [ienshina1458@gmail.com](mailto:ienshina1458@gmail.com)

## СПОНГИОФАУНА БЕЛОГО МОРЯ И ЕЕ ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

**А.В. Ересковский\***

*Санкт-Петербургский государственный университета, биологический факультет;*

*Институт биологии развития им. К.Н. Кольцова РАН*

Начало исследований спонгиофауны Белого и Баренцева морей связано с именами Н.Н. Миклухо-Маклая, К.С. Мережковского, Л.Л. Брейтфуса, Б.А. Сварчевского, П.Д. Резвого и В.М. Колтуна. Последняя ревизия литературных данных и коллекционных материалов по губкам Белого моря выявила 48 видов (5 *Calcarea* и 43 *Demospongiae*) (Ересковский, 1993). Благодаря проекту «Мониторинг Белого моря» нами была проведена тщательная ревизия литературы по беломорской спонгиофауне и сверка описанных видов с данными, опубликованными в World Porifera Data Base для приведения их в соответствие с современной системой Porifera. В результате был представлен список из 87 форм и видов губок, из них 64 валидных вида (57 *Demospongiae* и 7 *Calcarea*) и 23 вида (16 *Demospongiae* и 7 *Calcarea*), которые требуют тщательной лабораторной ревизии коллекционного материала. Однако к настоящему времени, благодаря внедрению в спонгиологию, как и в систематику в целом, молекулярно-биологических методов, произошли глубокие изменения таксономии и систематики типа Porifera. Это требует новой ревизии губок Белого моря. Для этого необходим сбор и правильная фиксация материала, которые позволили бы провести таксономический анализ на современном уровне.

*\*Александр Вадимович Ересковский: aereskovsky@mail.ru*

## МИКОБИОТА КРАСНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ *ODONTHALIA DENTATA* И *PHYCODRYS RUBENS* В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ

М.А. Ермишина<sup>1, \*</sup>, Е.Н. Бубнова<sup>1</sup>, И.А. Максимова<sup>1</sup>, У.В. Симакова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

<sup>2</sup> Институт океанологии им. П.П. Шириова РАН

Для морских грибов водоросли-макрофиты – один из важнейших субстратов, с которыми они могут быть связаны разнообразными типами связей: как паразиты и мутуалисты на живых или как сапротрофы на отмерших талломах. Относительно недавно, с развитием культуральных и молекулярных методов, стало понятно, что живые талломы заселены также многочисленными и разнообразными бессимптомными эпифитами и эндофитами, сапротифицирующими на поверхностях талломов, в слизистых чехлах, а также в тканях водорослей. О грибах, ассоциированных с водорослями арктических и субарктических морей сведения ограничены, и все они касаются бурых водорослей. В то же время красные водоросли – одна из важнейших групп водорослей в мировом океане, они образуют массовые заросли в холодноводных морях, от глубин около 4-6 метров до границ фотической зоны, но практически нет сведений о грибах, непосредственно связанных с их талломами. Цель нашего исследования – изучение состава и структуры микобиоты, ассоциированной с красными водорослями, доминирующими в поясе багрянок Белого моря – *Odonthalia dentata* и *Phycodrys rubens*. Для отбора материала были выбраны две точки в окрестностях Беломорской биостанции (ББС) им. Н.А. Перцова (1 – около мыса Киндо, 2 – около о. Великий напротив ББС). В каждой из них, на глубине 9-10 метров в индивидуальные пакеты было отобрано по 5 живых талломов *O. dentata* и *P. rubens*, а также по 1 пробе воды и грунта в качестве контроля. Первичные посеы проводили не позднее 3 суток после отбора материала. Для талломов использовали метод отпечатков. Все выросшие колонии выделяли в чистую культуру, затем проводили идентификацию морфолого-культуральными и молекулярными методами. В результате было обнаружено, что численность мицелиальных, в отличие от дрожжевых грибов на талломах была не велика. Дрожжевые грибы относились к 1 морфотипу аскомицетного и 10 – базидиомицетного аффинитета. Мицелиальные грибы были

более разнообразны: их было обнаружено 28 морфотипов, из которых 21 был идентифицирован до уровня вида, а 7 – до уровня рода. Все мицелиальные морфотипы относились к отделу Ascomycota. Чаще других встречались *Penicillium chrysogenum* и *Pseudogymnoascus pannorum*, остальные виды были представлены единичными колониями. Всего было обнаружено 4 вида мицелиальных грибов, присутствующих на талломах обоих видов водорослей: *Paradendryphiella salina*, *Penicillium chrysogenum*, *Pseudogymnoascus pannorum*, *Trichoderma polysporum*. Видовые составы мицелиальных грибов разных локаций и видов водорослей заметно различались между собой. Основным фактором, влияющим на численность и разнообразие микобиоты, по-видимому, является интенсивность приливно-отливных течений.

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение 075-15-2021-1396).

\*Марина Андреевна Ермишина: [marinaermishina@gmail.com](mailto:marinaermishina@gmail.com)

## **УЛЬТРАСТРУКТУРА СПЕРМАТИД И СПЕРМАТОЗОИДОВ ПРОЛЕЦИТОФОРЫ *PLAGIOSTOMUM VITTATUM* (PLATHELMINTHES, PROLECITHOPHORA) БЕЛОГО МОРЯ**

**Я.И. Заботин\***

*Казанский (Приволжский) федеральный университет*

Пролецитофоры (Prolecithophora) представляют собой своеобразную группу пресноводных и морских свободноживущих плоских червей, отличающуюся рядом уникальных особенностей сперматозоидов, в частности, отсутствием жгутиков и электронно-плотных гранул и наличием «складчатых мембранных образований». Хотя ультраструктурные особенности мужских гамет (наряду с молекулярно-генетическими методами) широко используются в систематике и филогенетике Plathelminthes, на данный момент они описаны лишь у некоторых видов

пролецитофор. В связи с этим целью данной работы стало исследование ультраструктуры сперматид и сперматозоидов пролецитофоры *Plagiostomum vittatum* (Frey, Leuckart, 1847) (Prolecithophora, Plagiostomidae), ранее не исследованных с помощью трансмиссионного электронного микроскопа (ТЭМ). Половозрелые особи были собраны на литорали о-вов Виченная Луда и Сидоров (Керетский архипелаг, губа Чупа, Белое море) в смывах с водорослей. Материал был зафиксирован в 1% глутаровом альдегиде на 0,1 М фосфатном буфере и подготовлен для ТЭМ по стандартной схеме. Сперматида *P. vittatum* имеет вытянутую веретеновидную форму; внешнее деление на отделы (головку, шейку и хвост) отсутствует. Ядро имеет палочковидную или спиральную форму, содержит электронно-плотный хроматин с фибриллярной структурой и характеризуется наличием многочисленных тонких пальцевидных выростов. Между «витками» ядра располагаются митохондрии. В некоторых из них были замечены деструктивные изменения, в результате которых у них исчезают кристы, либо внутри образуются полости. Свободные микротрубочки занимают кортикальное положение; жгутики и другие клеточные компоненты отсутствуют. Характерных для сперматозоидов пролецитофор «складчатых мембранных образований» обнаружено не было. Сперматозоид *P. vittatum* отличается более плотным расположением хроматиновых фибрилл и наличием в средней части «складчатых мембранных образований», представляющих собой узкие каналы или цистерны, обычно расходящиеся радиально от центра клетки (ядра) в направлении периферии; иногда они соединяются непосредственно с ядерной мембраной. На периферии клетки они часто формируют ассоциации с отдельными митохондриями, окружая их с двух сторон или образуя «развилки», в которых располагаются митохондрии. Обнаруженное сходство процессов спермиогенеза у пролецитофор с трикладами и трематодами (в частности, формирование единственной митохондрии путем слияния многочисленных митондрией сперматиды), вероятно, также может служить морфологическим подтверждением выделения таксона специализированных плоских червей Acentrosomata (Egger et al., 2015), предложенного на основе молекулярно-генетических данных.

\*Ярослав Игоревич Заботин: [Yaroslav\\_Zabotin@rambler.ru](mailto:Yaroslav_Zabotin@rambler.ru)

## ГОЛОЦЕНОВАЯ МАЛАКОФАУНА КАНДАЛАКШСКОГО И ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВОВ БЕЛОГО МОРЯ И ЕЕ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Н.Е. Зарецкая<sup>1,2,3,\*</sup>, В.М. Хайтов<sup>4,5</sup>, А.Е. Рыбалко<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Институт географии РАН;

<sup>2</sup> Геологический институт РАН;

<sup>3</sup> ФГБУ «ВНИИОкеангеология»;

<sup>4</sup> Санкт-Петербургский государственный университет;

<sup>5</sup> ФГБУ Кандалакшский государственный природный заповедник

С точки зрения биологов, Белое море – молодой бассейн, возраст которого насчитывает около 12 тысяч лет. После деградации последнего оледенения и проникновения морских вод через пролив Горло в котловину Белого моря оно начало заселяться двустворчатыми моллюсками, раковины которых (*Portlandia arctica* и *Mytilus edulis*) обнаружены в позднеледниковых осадках. Особенно интенсивная инвазия двустворчатых моллюсков в Белое море происходила во время атлантической климатической фазы голоцена, начиная с 8 т.л.н. На территории ББС МГУ и в ее окрестностях (побережье Кандалакшского залива) были обнаружены многочисленные тафоценозы голоценовой малакофауны – как в виде выходов содержащих ракушу глин на литорали, так и в виде погребенных осадков на поднятых поверхностях. Видовой состав тафоценозов одинаков: в разных пропорциях преобладают два вида – *Hiatella arctica* и *Astarte borealis*, которые живут в Белом море и в настоящее время. В современных местообитаниях эти виды вместе встречаются редко, так как принадлежат к разным типам локальных ареалов; исключения составляют заиленные ламинарники, где *H. arctica* встречается в ризоидах, а *A. borealis* – в иле. Нами было установлено, что большинство тафоценозов по своему происхождению – бывшие ламинарники или, что более вероятно, ламинарные «помойки», что подтверждается и большим содержанием рассеянной органики в иле, вмещающем раковины. Также общей чертой для раковинных тафоценозов является то, что все они были найдены у скальных выходов. Возраст тафоценозов варьирует в диапазоне 7,2-4,6 т.л.н. на литорали, и 8,8-5,0 т.л.н. – на поднятых поверхностях. В Онежском заливе исследования

проводились в районе Соловецких островов. Ранее на Анзерской банке (отмели между большим Соловецким островом и Анзером) было отобрано несколько колонок с глубин 17 и 20 м. Из них были получены образцы голоценовой малакофауны, по видовому составу практически не отличавшиеся от изученных в районе ББС МГУ: преобладали *H. arctica* и астартиды, но также присутствовал и *Chlamys islandica*. Возраст образцов варьирует от 10 до 8-7,5 т.л.н. на глубинах 17 и 20 м соответственно. На литорали о-ва Б. Соловецкий нами был исследован тафоценоз малакофауны, в составе которого преобладают *H. arctica*, *Chlamys islandica* и астартиды, а возраст аналогичен полученному по донным образцам – 7,7-7,5 т.л.н. Обзор имеющихся и новых данных позволил сделать вывод о том, что формирование тафоценозов могло происходить в результате сноса раковин отмерших моллюсков в затишок (понижение) в течение непродолжительного времени (до первых сотен лет) с небольшой площади. Обилие раковин в отложениях может свидетельствовать о благоприятных локальных условиях обитания моллюсков. Разница в возрасте местонахождений на одной абсолютной высоте, инверсии дат или, наоборот, одинаковые даты на разных высотах могут свидетельствовать об активной блоковой тектонике в голоцене на фоне общего гляциоизостатического поднятия.

Исследование выполнено при поддержке РФФ, грант № 22-17-00081.

\*Наталья Евгеньевна Зарецкая: [n\\_zaretskaya@inbox.ru](mailto:n_zaretskaya@inbox.ru)

## ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ТРЕХИГЛОЙ (*GASTEROSTEUS ACULEATUS* L.) И ДВЯТИИГЛОЙ (*PUNGITIUS PUNGITIUS* L.) КОЛЮШЕК В БЕЛОМ И БАЛТИЙСКОМ МОРЯХ

М.В. Иванов<sup>1</sup>, А.С. Генельт-Яновская<sup>2</sup>, Т.С. Иванова<sup>1</sup>, Е.А. Генельт-Яновский<sup>2</sup>,  
Н.В. Полякова<sup>3</sup>, М.А. Медведева<sup>1</sup>, К.В. Боева<sup>1</sup>, Д.Л. Лайус<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет;

<sup>2</sup> Эксетерский университет (*The University of Exeter, Exeter, UK*);

<sup>3</sup> Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

Изучали возможные формы взаимодействия трехиглой и девятииглой колюшек летом во время нереста и анализировали все сведения об их взаимоотношениях в период пелагической жизни. Рабочая гипотеза – оба вида колюшек тесно взаимодействуют на нерестилищах, но расходятся по разным местам обитания после нереста. В современный период количество трехиглой колюшки в Белом море на много порядков превосходит количество девятииглой. Показано, что в Белом море девятииглые колюшки нерестятся в основном в полуизолированных морских лагунах разного масштаба, от небольших, площадью меньше 0,1 км<sup>2</sup>, до таких крупных, как Бабье море, площадью более 45 км<sup>2</sup>. В отличие от девятииглой, трехиглая колюшка использует все доступные места нереста в Белом море. В полуизолированных лагунах она также нерестится и превосходит там по численности девятииглую на два порядка. В Финском заливе Балтийского моря численность девятииглой колюшки на нерестилищах (в среднем 0,25 экз./м<sup>2</sup>) сопоставима с таковой в Белом море. Зато численность трехиглой намного меньше, и превышает численность девятииглой только в 2-4 раза. В отличие от трехиглой колюшки, которая в Финском заливе является в основном проходной и заходит в реки и ручьи на несколько километров, девятииглая колюшка нерестится в основном в прибрежье залива, и в реки заходит не далее нескольких метров от устья. Для обоих видов колюшек и в Белом море, и в Восточной части Балтики показано, что во время нереста их пищевые ниши сильно перекрываются. При этом на нерестилищах в Финском заливе вместе с двумя видами колюшек массово встречается молодь различных карповых рыб, сопоставимая с колюшками по размерам, и перекрытие пищевых ниш колюшек с ними намного меньше. В Белом

море после нереста, по-видимому, места обитания трехиглой и девятииглой колюшек расходятся. Проанализированные нами источники не сообщают о случаях совместной поимки этих двух видов. Для Балтийского моря такой анализ еще продолжается. Таким образом, во время нереста на Белом море девятииглая колюшка очень тесно взаимодействует с трехиглой, как на почве совместного обитания и, видимо, конкуренции за нерестовое пространство, так и на почве трофической конкуренции. В Восточной части Балтийского моря такие взаимодействия также существуют, но возможно более слабые из-за гораздо меньшей численности на нерестилищах трехиглой колюшки.

Работа поддержана грантом РФФ 22-24-00956.

*\*Михаил Валерьевич Иванов: ivmisha@gmail.com*

## **ПРИБРЕЖНЫЕ СООБЩЕСТВА РЫБ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ (ГУБА ЧУПА) В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД**

**Т.С. Иванова\*, М.В. Иванов, Е.В. Надточий, Д.А. Мелентьев, А.Е. Зеленская,  
К.В. Боева, Д.Л. Лайус**

*Санкт-Петербургский государственный университет*

Задачей исследования являлось описание прибрежных сообществ рыб: видовой состав, пространственное распределение и оценка численности. Рыб учитывали набором из четырех жаберных сетей с разной ячейей и мальковым неводом в разных прибрежных биотопах, отличавшихся прибойностью, уклоном дна, наличием и плотностью зарослей макрофитов. Для оценки численности рыб сетями было проведено отдельное методическое исследование. Сообщество рыб побережья летом представлено 28 видами. Самое высокое видовое разнообразие встречено в затишных губах с илистым дном и зарослями zostеры (здесь отмечена наибольшая встречаемость редких и малочисленных видов) и каменисто-песчаных берегах с зарослями фукоидов. Самое низкое видовое разнообразие с отсутствием редких

видов отмечено для скалистых берегов с большим уклоном дна и часто с высокой прибойностью. Прибрежное сообщество рыб в течение лета состоит из постоянно обитающих видов и трехиглой и девятииглой колюшек, подходящих к берегу в июне для нереста. Во второй половине лета у берега присутствует молодь колюшек. Пространственной гетерогенностью относительно прибрежных биотопов обладают и рыбы-резиденты, и нерестящиеся колюшки, и их молодь. Трехиглая колюшка предпочитает затишные губы с зарослями zostеры (в среднем 90 экз./м<sup>2</sup>, максимум 300 экз./м<sup>2</sup>). В остальных нерестовых биотопах численность колюшек много меньше, в среднем 12 экз./м<sup>2</sup>. В скалах нерестящиеся колюшки практически отсутствуют. Молодь трехиглой колюшки обладает сходным распределением. Девятииглая колюшка гораздо менее многочисленна и встречается почти исключительно в полуизолированных морских лагунах. Основу биомассы резидентных видов рыб составляют треска, керчак, сельдь, в меньшей степени навага и зубатка. Треска и керчак в больших количествах встречаются в каменистых биотопах и у скал. Зубатка предпочитает скалистые биотопы, а сельдь и навага в них почти отсутствуют. Видовое разнообразие и структура прибрежного сообщества рыб сходны в одинаковых биотопах, даже расположенных на большом расстоянии, но будут различаться в разных биотопах, расположенных рядом. В июне основу биомассы рыбного сообщества составляет трехиглая колюшка, за исключением скал (13% береговой линии), непригодных для их нереста (10 кг/км колюшки и 230 кг/км остальных рыб). В затишных губах с зарослями zostеры (17% берега) биомасса колюшек составляет 18 тонн/км, тогда как биомасса остальных рыб – 70 кг/км. Основа побережья это каменисто-песчаные берега с зарослями фукоидов (60 % берега). В этом биотопе биомасса колюшек составляет 1500 кг/км против 200 кг/км остальных рыб. Средневзвешенно на один километр побережья приходится 4 тонны колюшек и 165 кг остальных рыб. Во второй половине лета за счет меньшей массы молоди колюшек это соотношение несколько выравнивается, но трехиглая колюшка все равно преобладает – 470 кг/км молоди и 200 кг/км остальных рыб.

Работа поддержана грантом РФФИ 22-24-00956. Авторы выражают благодарность администрации УНБ СПбГУ «Беломорская».

*\*Татьяна Сослановна Иванова: tut2000@gmail.com*

## УЧАСТИЕ WNT-СИГНАЛИНГА В ЛАРВАЛЬНОЙ И ПОСТЛАРВАЛЬНОЙ СЕГМЕНТАЦИИ АННЕЛИДЫ *ALITTA VIRENS*

А.И. Кайров\*, В.В.Козин

*Санкт-Петербургский государственный университет*

Эволюционное происхождение сегментации до сих является предметом дебатов среди исследователей. Существует множество гипотез, либо поддерживающих независимое возникновение сегментации (наличие которой признается у позвоночных, членистоногих и аннелид), либо же говорящих о наследовании сегментации от общего предка – *Urbilateria*. Экспрессия молекулярных маркеров, задействованных в становлении сегментации, обладает как сходствами, так и различиями у разных животных. Одним из важнейших участников в процессах построения сегментированного плана тела и паттернирования переднезадней оси является Wnt-сигналинг. Его роль хорошо изучена у позвоночных и членистоногих, однако данные о его работе у аннелид носят обрывочный характер. Более подробное изучение Wnt-сигналинга у аннелид позволит точнее судить о консервативности его роли в ходе развития сегментов. Беспоясковые аннелиды («полихеты») демонстрируют отличия в строении и онтогенезе ларвальных (личиночных) и постларвальных сегментов, что было обобщено П.П. Ивановым в виде теории первичной гетерономности сегментов. Однако работ, сравнивающих роль Wnt-сигналинга в ходе формирования ларвальных и постларвальных сегментов, не существует. Цель работы – сравнение роли Wnt-сигналинга в ходе формирования ларвальных и постларвальных сегментов у нереидной полихеты *Alitta virens*. Для этого применялся ингибиторный анализ, который позволяет манипулировать уровнем активности Wnt-сигналинга. Полученные данные свидетельствуют об участии Wnt-сигналинга как в ларвальной, так и в постларвальной сегментации. Гиперактивация сигналинга в ходе раннего личиночного развития подавляет сегментацию эктодермальных и мезодермальных производных. Воздействие модуляторов Wnt-сигналинга в ходе развития первого постларвального сегмента выражается в изменении роста и морфогенеза сегмента, специфично в зависимости от характера обработки. Показано различное влияние модуляторов на экспрессию генов, ответственных за паттернирование тела (таких как *engrailed* и *cdx*) в ходе

ларвальной и постларвальной сегментации, что свидетельствует об отличающихся механизмах воздействия Wnt-сигналинга в разные периоды развития *A. virens*. Суммируя полученные результаты, можно говорить о том, что Wnt-сигналинг выполняет свою консервативную функцию в паттернировании переднезадней оси тела, однако особенности паттерна экспрессии engrailed позволяют предположить, что Wnt-сигналинг был вовлечен в развитие сегментов *A. virens* независимо от остальных групп животных.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 23-74-10046 на базе МБС СПбГУ и РЦ ММ СПбГУ.

\**Арсений Игоревич Кайров: kayrov.tw@yandex.ru*

## **ИЗУЧЕННОСТЬ ФАУНЫ ПТИЦ ОКРЕСТНОСТЕЙ ББС В СВЕТЕ ЗАВЕРШЕНИЯ РАБОТЫ НАД АТЛАСАМИ ГНЕЗДЯЩИХСЯ ПТИЦ ЕВРОПЫ И ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ**

**М.В.Калякин<sup>1</sup> \*, О.В. Волцит<sup>1</sup>, А. Lehikoinen<sup>2</sup>**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
научно-исследовательский зоологический музей;*

<sup>2</sup> *Финский музей естественной истории*

*(LUOMUS – Finnish museum of natural history, Helsinki,, Finland)*

В конце 2020 г. одновременно опубликованы «Второй атлас гнездящихся птиц Европы» и «Атлас гнездящихся птиц европейской части России». Приведенные в них данные о гнездовых ареалах птиц на территории РФ идентичны по сути и слегка отличаются по форме. Они приведены в виде карт, разделенных на квадраты размером 50 на 50 км; сведения о гнездовом статусе и относительном обилии видов показаны в виде заливки квадратов тем или иным цветом. Территория европейской части РФ изучена в 2010– 2018 гг. силами более чем 600 наблюдателей, из 1842 квадратов обследованы 1628 (88 %). Карелия и Мурманская область, как и другие

северные районы, обследованы хуже более южных областей, тем не менее, общее представление о гнездовых ареалах наших птиц достаточно для того, чтобы выполнить некоторые варианты ареалогического анализа. А гораздо более полные сведения о распределении гнездящихся птиц на территории Финляндии позволяют провести сравнительный анализ распределения птиц по двум соседним территориям, выдвинуть гипотезы, объясняющие различия в распределении на них ряда видов птиц, и поставить вопросы для дальнейших исследований. Территория Финляндии в ходе подготовки европейского атласа птиц была обследована лучше, чем территории большинства европейских стран. Принципиальное отличие степени обследованности квадратов ее территории от таковой для Карелии и Мурманской области кроется в использовании квадратов размером 10 на 10 км, которые затем объединялись в квадраты размером 50 на 50 км. Это значит, что в таком «большом» квадрате были обследованы все 25 «малых» квадратов, или в среднем примерно в 10 раз больше, чем в обследованных квадратах двух указанных российских регионов. Тем не менее, некоторые сравнения возможны, в первую очередь потому, что ряд территорий на севере Карелии и в Мурманской области были изучены лучше других. Это, в частности, позволяет относительно адекватно судить о северных, а иногда и о южных границах гнездовых ареалов многих видов. Некоторые виды птиц проникают на север обсуждаемых регионов по территориям, в различной степени измененным человеком. Сведения о гнездящихся видах птиц таких участков представлены в обсуждаемых атласах в целом полнее, чем данные о лесных и околоводных видах, что позволяет провести сравнение с их ареалами в Финляндии на более адекватной основе. Наконец, для территории зарубежной Европы сведения о распространении птиц, включенные во «Второй европейский атлас», можно было сравнить с данными о их распределении, вошедшими в «Первый европейский атлас», опубликованный в 1997 году. Изменения ареалов за 30 лет нашли отражение на соответствующих картах. Для нашей территории такие сравнения невозможны в силу фрагментарности сведений о распространении птиц РФ, представленных в «Первом европейском атласе». Однако авторы видовых очерков российского атласа по просьбе составителей специально отмечали известные случаи изменения видовых ареалов, в том числе в Карелии и Мурманской области. Поэтому у нас есть возможность сопоставить (с рядом оговорок) данные об изменениях гнездовых ареалов на двух сопредельных территориях и отметить в целом сходные тенденции:

главная из них состоит в превалировании смещения северных границ ареалов относительно большого числа видов птиц в северном направлении. И, наконец, сведения об ареалах птиц Европы позволяют российским орнитологам ожидать новых фаунистических находок на севере Карелии и на юге Мурманской области.

*\*Михаил Владимирович Калякин: kalyakin@zmti.msu.ru*

## **ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ УСЛОВИЯМ СОЛЕННОСТИ ЭКОСИСТЕМ: БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И РОЛЬ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПОМП**

**М.В. Каракозова\*, П.А. Назаров**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Институт  
физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского*

Все живые организмы приспосабливаются к тем экологическим условиям, в которых они обитают. Не являются исключением и бактерии-экстремофилы, живущие в экстремальных для нас экосистемах. Они способны жить и размножаться в экстремальных условиях окружающей среды (экстремально высокие или низкие значения температуры, давления, кислотности, солености, и т.п.), которые негостеприимны как для сложных организмов, так и для привычных нам бактерий, называемых мезофилами. Вклад экстремофилов в современные технологии невозможно переоценить: это и термостабильные ферменты (например ДНК-полимеразы), и белки-кристаллизаторы воды (искусственный снег), и холодоустойчивые ферменты в косметической и пищевой промышленности. Кроме того, исследование приспособления к экстремальным условиям может пролить свет на вопросы возникновения жизни на Земле и на других планетах, так же на понимание возможного антропогенного воздействия человека на хрупкие экосистемы в результате исследовательской и хозяйственной деятельности. Как известно, энергетические процессы в клетках играют ключевую роль в выживании микроорганизмов. В настоящей работе мы исследовали обычные мезофильные

микроорганизмы – грамположительные бактерии (*Bacillus subtilis* и *Staphylococcus aureus*) и грамотрицательные бактерии (*Escherichia coli* и ее делеционные мутанты по генам помп) для выяснения роли биоэнергетики в приспособлении к искусственно созданным в лаборатории «экстремальным» для бактерий условиям. Мы смогли экспериментально показать, что в ряде случаев энергетика бактерий меняется за счет формирования футильных циклов, и немаловажную роль в этих процессах играют системы откачки ионов и бактериальные помпы.

Работа была выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (грант 22-15-00099).

\*Марина Викторовна Каракозова: [mvk752002@gmail.com](mailto:mvk752002@gmail.com)

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНОВ КАНАЛЬНЫХ РОДОПСИНОВ В ЗЕЛЕННЫХ И КРИПТОФИТОВЫХ ВОДОРΟΣЛЯХ БЕЛОГО И ЧЕРНОГО МОРЕЙ**

**О.В. Карпова<sup>1</sup>, Е.Н. Виноградова<sup>1,2,\*</sup>, Е.С. Лобакова<sup>1</sup>, А.О. Изотова<sup>2</sup>,  
Е.А. Проваторова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет  
им. М.В. Ломоносова, биологический факультет;*

<sup>2</sup> *Национальный исследовательский центр  
«Курчатовский институт», Курчатовский геномный центр*

Канальные родопсины зеленых (Chlorophyta) и криптофитовых (Cryptophyta) водорослей при фотоактивации способны модулировать мембранный потенциал клетки и благодаря этому уникальному свойству широко применяются в оптогенетике – современном методе светозависимой регуляции биологических процессов. Для поиска новых генов, перспективных для оптогенетики, мы разработали ПЦР-тесты на канальные родопсины. Были проанализированы 6 беломорских изолятов зеленых водорослей, принадлежащих к родам

*Haematococcus* и *Bracteacoccus*, а также 2 образца криптофитовых водорослей *Rhodomonas* sp. из районов Белого и Черного морей. Наш метод позволил успешно выявить ранее идентифицированные канальные родопсины у водорослей рода *Haematococcus*, а также впервые обнаружить гены катионных канальных родопсинов в водорослях рода *Bracteacoccus*. Также идентифицированы отдаленно гомологичные гены анионных канальных родопсинов в образцах *Rhodomonas* sp. из районов Белого и Черного морей. Представленные результаты показывают, что разработанные ПЦР-тесты могут быть полезным инструментом для поиска уникальных генов родопсинов среди представителей Chlorophyta и Cryptophyta в широком диапазоне внутригрупповой гомологии.

\*Елизавета Николаевна Виноградова: [lizavin@yandex.ru](mailto:lizavin@yandex.ru)

## ТРОФИЧЕСКАЯ НИША КРАБА-ВСЕЛЕНЦА *CHIONOECETES OPILIO* (FABRICIUS, 1788) В ЗАЛИВЕ БЛАГОПОЛУЧИЯ КАРСКОГО МОРЯ

А.Д. Киселев<sup>1,2,\*</sup>, А.К. Залота<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН;

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Краб-стригун опилио, *Chionoecetes opilio*, является инвазивным видом в Карском море. Стригун встречается здесь начиная с 2012 г. (Zimina, 2014), проник в результате распространения инвазивной популяции из Баренцева моря. Ранее в Карском море практически не было крупных бентосных хищников. Вселение краба-стригуна привело к изменениям в бентосных сообществах (Удалов и др., 2016, Руднева и др., 2022), что не могло не отразиться на их трофической структуре. Как модельный полигон, был выбран залив Благополучия в связи с хорошей изученностью и многолетним мониторингом, где с 2016 г. наблюдается самая высокая плотность поселения стригуна в Карском море (Zalota et al., 2020). Для выявления влияния стригуна на трофическую структуру сообществ необходимо определение положения стригуна в трофической сети залива Благополучия, что

и является целью данной работы. Материал собран в 2018, 2020 и 2022 г. на двух станциях в заливе Благополучия. Содержимое желудков крабов анализировалось по методике Буруковского (2022). Пищевые компоненты определялись визуально до класса или отряда. Для пищевых компонентов определялась их частота встречаемости в желудках. Для полных желудков рассчитывался виртуальный (средний) пищевой комок. Для уточнения положения стригуна в трофической сети относительно других массовых видов проводился анализ стабильных изотопов углерода и азота в тканях животных на масс-спектрометре Thermo Delta V Plus и элементном анализаторе Thermo Flash 1112. Суммарно проанализировано содержимое 153 желудков. Изучен изотопный состав тканей 63 массовых видов из залива Благополучия. В желудках стригунов по частоте встречаемости преобладают детрит, растительные компоненты, песок, офиуры и двустворчатые моллюски. В среднем пищевом комке стригуна в 2020 г. по сравнению с 2018 детрит вносит наибольший вклад, а также вырос вклад хитина и снизился вклад офиур. По данным анализа стабильных изотопов стригун на обеих станциях в разные года находятся на одинаковом трофическом уровне в центре пищевой сети. По трофическому уровню стригун оказывается ниже основных хищников (*Urasterias lincki*, *Leptagonus decagonus*, *Triglops* sp. и др.), на уровне падальщиков (*Eualis gaimardii*, *Scoletoma fragilis*) и мелких хищников (*Micronephthys minuta*), и выше моллюсков-фильтраторов (*Ennucula tenuis*, Thyasiridae gen. sp.). Изотопный анализ не отражает изменения в питании стригуна в 2020 г., наблюдаемые по содержимому желудков. Таким образом, содержимое желудков и анализа стабильных изотопов показывают большой вес детрита и растительных остатков в питании стригуна, что понижает его трофический уровень относительно основных хищников. По литературным данным в других регионах стригун описан как хищный или всеядный вид, но с преимущественным питанием животной пищей (Чучукало и др., 2011, Kolts et al., 2013, Соколов и др., 2016). Однако в условиях обедненных бентосных сообществ в Карском море стригун использует все доступные источники пищи.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ №23-24-00440

\*Александр Дмитриевич Киселев: [ad-kiselev@mail.ru](mailto:ad-kiselev@mail.ru)

# МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СПЕЦИФИКАЦИИ ОСЕЙ БИЛАТЕРАЛЬНОЙ СИММЕТРИИ У АННЕЛИД

**В.В. Козин\***

*Санкт-Петербургский государственный университет*

Проблема становления осей симметрии является ключевым моментом в понимании механизмов индивидуального развития и причин таксономического биоразнообразия. Смена первичной анимально-вегетативной полярности и радиальной симметрии яйца на дефинитивную осевую организацию имеет большое филогенетическое значение. Складывающиеся в ходе проэмбрионального и раннего эмбрионального периода осевые отношения создают основу плана строения и являются важнейшим признаком для сравнения таксонов высокого ранга. Полученные при таком анализе морфологические и онтогенетические ряды широко используются для объяснения эволюции морфотипа. Несомненно, перестройки дефинитивных осей в филогенезе сопряжены с изменениями на самых ранних этапах индивидуального развития и связаны с механизмами молекулярной разметки зародыша. Данная работа посвящена обзору конкретных факторов осевой спецификации, как то клеточная дифференциация, пролиферация и роль сигнальных каскадов, контролирующая паттернирование зародышей и морфогенез, на примере малоизученного на современном методическом уровне, но критически важного для понимания общей картины таксона – кольчатых червей. В работе проанализированы клеточные и молекулярные признаки поляризации зародыша, прослежены морфогенезы, оформляющие эту полярность на микроанатомическом уровне, изучен дифференциальный транскриптомный профиль сигнальных путей Wnt и FGF, а также картированы источники и мишени индукционных влияний.

Работа выполнена на базе Морской биологической станции СПбГУ (УНБ «Беломорская»), РЦ ММ СПбГУ, РЦ РМиКТ СПбГУ и ББС МГУ при поддержке гранта РФФИ № 23-74-10046.

*\*Виталий Владиславович Козин: [vitaly.kozin@mail.ru](mailto:vitaly.kozin@mail.ru)*

## ХЛОРООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ОЗЕРАХ НА РАЗНОЙ СТАДИИ ОТДЕЛЕНИЯ ОТ БЕЛОГО МОРЯ

Е.С. Колпакова\*, А.В. Вельямидова

*ФИЦ Комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова УрО РАН  
(ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН)*

Присутствие хлорорганических соединений (ХОС) в компонентах природных экосистем длительное время связано не только с техногенными факторами, но и естественным их образованием в результате хлорирования органического вещества при взаимодействии с хлорид-ионами и в процессах ферментативного продуцирования. Типичными представителями ХОС являются обширная группа хлорфенольных соединений (ХФС) и летучий хлорированный углеводород – хлороформ. ХФС являются ионогенными соединениями с разной степенью гидрофобности, липофильности и кислотности. Хлороформ, обладая малой растворимостью в воде и низкой липофильностью, оказывает негативные эффекты при воздействии на биоту и человека. Активными продуцентами ХОС являются бурые водоросли северных морей, планктон, находящийся в толще воды, диатомовые водоросли и цианобактерии. Объектами исследования являются малые озера: Нижнее Ершовское, Кисло-Сладкое, Трехцветное и Большие Хрусломены. Пробы воды для исследований были отобраны во время работы комплексных экспедиций на ББС МГУ им. Н.А. Перцова горизонтальным поликарбонатным батометром объемом 5 л. Анализ проб воды на содержание хлороформа проводили согласно МИ № 88–16365–002– 2014, на содержание индивидуальных ХФС – в соответствии с РД 52.24.507-2012 с количественным определением методом капиллярной газовой хроматографии с электрозахватным детектированием. Нижний предел обнаружения – 0,0001 мкг/дм<sup>3</sup>. В воде исследованных озер были идентифицированы только хлорированные фенолы (ХФ), компонентный состав которых представлен рядом от моно- до тетрахлорзамещенных фенолов. Суммарное содержание ХФ по всем озерам составило от 0,059 до 49,875 мкг/л. Следует отметить, что для природных вод нормативы на содержание хлорфенолов отсутствуют. Для сравнения можно привести данные исследований поверхностных

вод пресных озер и рек Канады – концентрации ХФ варьировали в диапазоне от 0,002 до 2 мкг/л. Высокое содержание ХФ было установлено в воде озер Трехцветное (от 0,059 до 49,875 мкг/л) и Большие Хрусломены (от 0,526 до 33,70 мкг/дм<sup>3</sup>). При этом резкое повышение концентраций ХФ (на два порядка) наблюдалось в зоне хемоклина. В верхних слоях этих озер были найдены только три- и тетрахлорфенолы. В придонном слое зафиксировано присутствие в значимых количествах еще и низкохлорированных моно- и дифенолов. Скорее всего, в сильно восстановительных условиях соленых вод активность процессов продуцирования хлорфенолов снижается, и напротив, процессы их восстановительного дехлорирования более активны. Высокое значение концентрации ХФ в придонном слое свидетельствует о накоплении здесь этих соединений. В воде оз. Кисло-Сладкое содержание хлорфенолов невелико – от 0,329 до 0,455 мкг/л. Компонентный состав этих соединений был довольно беден, в значимых концентрациях определены лишь три соединения. Озеро Нижнее Ершовское отличалось самыми невысокими концентрациями хлорированных фенолов в воде – от 0,078 до 0,124 мкг/л. Наиболее значимым по количественному содержанию оказался 2-хлорфенол. Хлороформ был найден во всех исследованных пробах, в концентрациях от 0,06 до 0,99 мкг/дм<sup>3</sup>, при этом область хемоклина никак не выделялась. Для исследованных озер установлены закономерности к увеличению концентраций хлороформа в воде по глубине, что может быть обусловлено его поступлением с грунтовыми водами из почв водосборных площадей и образованием водными продуцентами.

*\*Елена Сергеевна Колпакова: kolpelen@yandex.ru*

## МАРКЕРНЫЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ТРОФИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ

**А.А. Комисаренко\***

*Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмудского ДВО РАН*

Традиционно для исследований пищевых взаимодействий животных использовались метод анализа пищевых комков собранных из желудков и наблюдения за организмами в природе. На сегодняшний день показано, что такие исследования не могут являться полностью достоверными, так как в пищевых комках не сохраняются мягкие частички пищи, а при анализе поведения животных в природе зачастую фиксируется положение хищника на потенциальной жертве и, при этом, невозможно отметить поедание консументом организмов-обрастателей или симбиотические взаимодействия. Метод маркерных жирных кислот (ЖК) используется уже более 50 лет, с первым свидетельством того, что состав ЖК консументов напоминает состав их пищи, при этом отражая то, что организм уже усвоил в процессе метаболизма. В течение следующих 30 лет концепция трофических маркеров приобрела популярность в трофической экологии. Согласно этой концепции, состав ЖК некоторых первичных продуцентов характеризуется специфическими соединениями, способными переноситься на верхние трофические уровни. Таким образом, ожидается, что состав ЖК потребителя будет отражать состав ЖК его источников. Соответственно, ЖК использовались для изучения потока энергии в пищевых сетях в пресноводных, эстуарных, прибрежных и глубоководных средах на всех широтах, а также для изучения функциональных реакций на различные стрессовые факторы. Методологические разработки позволяют точно оценить вклад добычи, однако, рацион не является единственным фактором, определяющим состав ЖК консументов. Состав ЖК варьируется в зависимости от внутренних факторов, таких как филогения и стадии развития/репродукции и внешних факторов, таких как температура, соленость и гидростатическое давление. Таким образом, анализируя состав ЖК можно предоставить информацию о физиологическом состоянии и типе среды обитания гидробионтов. Использование анализа ЖК в исследованиях и разработках в области трофической экологии, питания в водной среде и аквакультуры имеет значительные перспективы для улучшения нашего понимания

мира природы, от таксономии и физиологии организмов до функционирования экосистем. Тем не менее, применение этого подхода необходимо тщательно рассмотреть при инициировании нового исследования, чтобы гарантировать, что интерпретации, предлагаемые для данных ЖК, являются актуальными и подходящими. Хотя протоколы анализа ЖК хорошо описаны, их применение часто требует модификаций для адаптации к полевым условиям и типам проб.

*\*Анатолий Андреевич Комисаренко: komisarenko.anatoly@gmail.com*

## **БИОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА НА МОРСКОМ СТАЦИОНАРЕ: ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

**Е.Г. Королева<sup>1</sup> \*, А.А. Лихачев<sup>2</sup>, М.В. Орлов<sup>1</sup>, И.А. Королев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;*

<sup>2</sup> *Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН*

В настоящее время все большее значение приобретают комплексные, междисциплинарные исследования, проводимые на стыке наук и научных направлений. Примером могут служить биогеографические исследования и программы с большой компонентой полевой работы и междисциплинарного сотрудничества. Кафедра биогеографии географического факультета МГУ является ведущей научной школой по биогеографии в России, и одной из немногих, готовящих специалистов-биогеографов. Полевая практика студентов кафедры биогеографии МГУ проводилась на ББС в 2004-2011 гг. и, являясь составной частью зональной биогеографической практики, была направлена на изучение морских и прибрежных экосистем, что в тот период в российском образовательном пространстве считалось инновацией при подготовке студентов-биогеографов, поскольку традиционно основное внимание уделялось исследованию наземных экосистем. Однако понимание студентами-биогеографами функционирования морских экосистем стало необходимостью из-за недостатка специалистов по морской биогеографии в России и востребованности таких знаний у работодателей

в связи с тенденцией к освоению шельфа (в т.ч. арктического). В последние годы выпускники кафедры биогеографии все больше привлекаются к проектам по экологическому обеспечению морских работ, в частности учету морских млекопитающих и птиц.

Практика студентов-биогеографов, проходившая на Беломорской биологической станции в 2004-2011 гг., разработанная авторами с участием проф. П.В. Матекина, проф. Д.А. Криволуцкого, д.б.н. Г.А. Колбасова, подразделялась на следующие блоки:

- I. Знакомство с методами изучения морских беспозвоночных: сбор живого материала на различных типах литорали, лов планктона планктонной сеткой с лодки, траление бентосных беспозвоночных с катера, работу с биноклем и микроскопом.
- II. Изучение биоразнообразия морских беспозвоночных в районе ББС МГУ: детальное ознакомление с таксономическим разнообразием экосистем Белого моря и изучение биотопической приуроченности встреченных в ходе полевых исследований видов и сообществ.
- III. Ознакомление с флорой и флористическим разнообразием в районе ББС, а также малых островов Кандалакшского залива, сравнительный анализ особенностей структуры и развития растительных сообществ на разных островах, а также на материковой части в районе ББС в рамках концепции островной биогеографии.

В настоящее время появилась необходимость расширения и дополнения существующей программы полевой практики новыми разделами, в числе которых:

1. Маршрутные судовые наблюдения за орнитофауной и морскими млекопитающими в акватории Кандалакшского залива;
2. Биогеографическое картографирование морских и прибрежных экосистем с использованием ГИС и технологий удаленного доступа;
3. Мониторинг и прогнозирование динамики биоразнообразия с климатических изменений на основе измерений и математического моделирования.

\* Елена Григорьевна Королева: [koroleva@cs.msu.ru](mailto:koroleva@cs.msu.ru)

**НЕИЗВЕСТНАЯ БЕНТОСНАЯ ЛИЧИНКА СЕМ. DORVILLEIDAE  
(ANNELIDA, EUNICIDA)**

**А.С. Королева<sup>1, \*</sup>, Т.В. Неретина<sup>2</sup>, Г.Д. Колбасова<sup>2</sup>, А.А. Прудковский<sup>1</sup>,  
А.Б. Цетлин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова*

Более десяти лет назад в мейофауне окрестностей Беломорской биологической станции МГУ была обнаружена крупная бентосная личинка неизвестного вида аннелид. С тех пор похожие личинки периодически встречаются при разборе мейобентосных проб, однако это происходит довольно редко и не каждый год. Описаний жизненных циклов морских полихет с бентосной личиночной стадией самих по себе очень мало, а о донных личинках полихет Белого моря сведений нет вообще, что делает эту находку еще более интересной. Обнаруженная личинка имеет несколько очень характерных признаков: крупный размер, развитая цилиатура, состоящая из акротроха, метатроха, семи ресничных шнуров-паратрохов, телотроха и невротроха на вентральной стороне, заходящего на непарный вырост пигидиума – стиль. На уровне перистомиума отчетливо видна пара глазков. Просвечивающая кишка заполнена зеленоватым желтком. Совокупность морфологических признаков позволяет предположить, что эта личинка может относиться к семейству Dorvilleidae (отр. Eunicida). Тем не менее, обнаруженные личинки отличаются от остальных дорвиллеидных личинок весьма крупным размером и при этом отсутствием челюстей и щетинок. Предварительные результаты секвенирования нескольких особей, собранных летом 2022 года, также говорят о том, что данная личинка, скорее всего, является дорвиллеидой. Однако совпадений по имеющимся молекулярным данным о дорвиллеидах Белого Моря не было обнаружено, исследование этих личинок продолжается.

*\*Анна Сергеевна Королева: anyakor99@gmail.com*

## ПОЗДНЕЛЕДНИКОВАЯ МОРСКАЯ ТРАНСГРЕССИЯ НА ПОБЕРЕЖЬЕ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА

О.П. Корсакова\*, А.Н. Толстоброва, Д.С. Толстобров

*Геологический институт КНЦ РАН*

В Кандалакшском заливе позднеледниковая морская трансгрессия связана с осолонением приледникового водоема, существовавшего здесь на стадии дегляциации беломорской котловины, за счет притока атлантических вод. Ее хронология и масштабы, зависящие от гляциоэвстатического повышения уровня океана и гляциоизостатического перемещения земной коры, оценивались по данным из нескольких районов. Позднеледниковые морские осадки с возрастом 13200-11500 кал. лет установлены в донных отложениях из котловин озер в районе Умба на высоте примерно 41 м над современным уровнем моря (н.у.м.) (Колька и др., 2013а). Морские отложения, возраст которых предположительно соотнесен с древним дриасом (Ludikova et al., 2022), выявлены в осадках озера Канозеро на высоте примерно 53 м н.у.м. К югу от Бабинской Имандры предположительно позднеледниковые песчаные осадки, содержащие морские диатомовые и слагающие флювиогляциальные дельты и террасы в долинах правых притоков р. Нива и оз. Пасма, выявлены на высоте примерно 133-138 м н.у.м. (Арманд, Самсонова, 1969), в южной части депрессии Экостровской Имандры (Арманд и др., 1964; Korsakova et al., 2020). В районе Кандалакша позднеледниковые морские отложения установлены в осадках из озерной котловины примерно на высоте 70 м н.у.м., но возраст их не определен (Колька, Корсакова, 2017). При этом на г. Крестовая верхняя морская граница идентифицирована на высоте примерно 120 м н.у.м., на хр. Корабль – на высоте 38-40 м н.у.м., на по-ве Турий – примерно на высоте 50 м н.у.м. (Korsakova, Kolka, 2005, Kolka et al., 2008; Колька и др., 2013а). Солоноватоводные и морские диатомеи установлены в песках, слагающих террасу на высоте 102 м н.у.м. в районе Колвица (Арманд Самсонова, 1969). Установлено, что депрессия оз. Экостровская Имандра и кольское побережье Кандалакшского залива примерно 12300 кал. л.н. кратковременно оказывались под влиянием солоноватого приледникового водоема (Korsakova et al., 2020). На Карельском берегу позднеледниковые морские отложения выявлены в озерных котловинах до

высоты 104 м н.у.м. в районе Лесозаводский (Колька, Корсакова, 2017). В районе Чупа стремительная трансгрессия моря реконструирована во временном интервале около 13000-11500 кал. л.н. Верхняя ее граница точно не установлена, она расположена выше 104 м н.у.м., но ниже 142 м н.у.м (Колька и др., 2005; Корсакова и др., 2016; Колька, Корсакова, 2017). Позднеледниковые морские осадки установлены в котловинах на высоте 72 м н.у.м. в районе Энгозеро (Колька и др., 2013б), а в районе Кузема – на высоте около 70 м н.у.м. (Колька и др., 2012). На Карельском берегу морская трансгрессия имела место в аллереде – позднем дриасе и ее верхняя граница не выходит за пределы 140 м н.у.м. Атлантические воды в беломорскую котловину поступали через пролив Горло. Не исключается возможность осолонения существовавшего здесь приледникового водоема и при поступлении морских вод через депрессии Кольского полуострова.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФ 22-17-00081.

*\*Ольга Павловна Корсакова: o.korsakova@ksc.ru*

## **КОЛОНИАЛЬНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА У ГИДРОИДНЫХ**

**И.А. Косевич\***

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Нервная система представителей типа Стрекающие изучена преимущественно на примере одиночных форм (коралловые полипы, сцифо- и гидромедузы, одиночные гидроиды, и т.п.). Значительная часть представителей стрекающих – это колониальные организмы. У колониальных гидроидных (Hydrozoa) строение и функционирование нервной системы изучено для отдельных гидрантов. Наличие колониальной нервной системы (располагающейся в ценосарке – общеколониальном теле, объединяющем все гидранты колонии) долгое время ставилось под сомнение. Только для сифонофор было показано наличие колониальной нервной системы. В настоящей работе методами иммуноцитохимии и электронной

микроскопии изучен ценосарк колоний трех видов гидроидных с целью определения наличия колониальной нервной системы. Были исследованы два представителя текатных (Leptothecata) гидроидов – *Dynamena pumila* (Sertulariidae) и *Obelia longissima* (Campanulariidae), и один представитель атекатных (Anthoathecata) гидроидов – *Clava multicornis* (Hydractiniidae). Для ИЦХ исследований ценосарк столонов и побегов гидроидов окрашивали антителами к  $\alpha$ -тубулина и RF-амиду. Ультраструктурные исследования проводили по стандартным методикам. Методами ИЦХ были выявлены элементы нервной системы в эпидерме ценосарка столонов и побегов. По морфологическим характеристикам нервные элементы ценосарка представлены преимущественно биполярными нейронами. Мультиполярные нейроны встречаются редко. Выявленные нейроны можно отнести к типу ганглиозных клеток, сенсорные клетки в ценосарке колоний обнаружены не были. Двойное окрашивание антителами к  $\alpha$ -тубулину и RF-амиду показало практически полное перекрывание иммунореактивности. Интересным представляется обнаружение отростков клеток, показывающих положительную иммунореактивность к  $\alpha$ -тубулину, заходящих в растущие верхушки столонов и почти достигающих ее апекса. Ультраструктурные исследования подтвердили наличие клеточных элементов с характерными признаками, позволяющими отнести выявленные клетки к нервным клеткам. Тела и отростки выявленных клеток характеризуются наличием многочисленных микротрубочек и везикул с электронно-плотным ядром. Интересным отличием нервной системы ценосарка от таковой, описанной для гидрантов, помимо отсутствия чувствительных клеток является расположение нервных элементов. Если в гидрантах (и у одиночной гидры) тела и отростки ганглиозных клеток располагаются поверх слоя мышечных отростков эпителиально-мышечных клеток эпидермы, то в ценосарке изученных видов тела и отростки нервных клеток располагаются под слабо развитым слоем сократительных отростков эпидермальных клеток, и непосредственно контактируют с мезоглеей. Иногда обнаруживаются отростки, располагающиеся в толще мезоглеи. Результаты данного исследования впервые доказывают наличие нервной системы в ценосарке изученных видов колониальных гидроидов. Функции колониальной нервной системы остаются неясными и требуют дальнейшего изучения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 22-24-00209.

\*Игорь Арнольдович Косевич: [ikosevich@gmail.com](mailto:ikosevich@gmail.com)

## СХОДСТВО СЦИФИСТОМЫ *AURELIA AURITA* И КОРАЛЛОВОГО ПОЛИПА

**И.А. Косевич\***

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

В настоящей работе на основе анализа эмбрионального и раннего постэмбрионального развития *Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758) (Scyphozoa, Cnidaria) из Белого моря показано, что развитие, метаморфоз и организация сцифистомы (полипоидной стадии сцифоидных) представляют собой немного упрощенный вариант развития и, как результат, организации полипа кораллов, группы, сестринской ко всем Медузозоям. Дробление зародыша *A. aurita* завершается формированием бластулы с обширным бластоцелем. Основным механизмом гастрюляции – инвагинация. На завершающей стадии инвагинации губы бластопора подворачиваются вслед за инвагинирующим энтодермальным зачатком, примерно так же, как это происходит при гастрюляции у кораллов. Однако у *A. aurita* бластопор замыкается, губы бластопора выворачиваются наружу и формируют эктодерму заднего полюса планулы. Эктодерма компетентной планулы представлена правильно организованным однослойным моноцилиарным эпителием. Менее четко эпителизованная энтодерма окружает узкую гастральную полость. На основании цитологических и ультраструктурных характеристик можно выделить передний вакуолизированный, средний с темными гранулами, и задний вакуолизированный отделы энтодермы. С началом метаморфоза планулы, на ее оральном (заднем) полюсе формируется эктодермальное впячивание. В результате инвагинации эктодермы, энтодерма заднего отдела разделяется на две части, которые смещаются к противоположным сторонам планулы. Каждая из двух частей задней энтодермы участвует в формировании энтодермальной оси первой пары щупалец. Эктодерма инвагинации напрямую контактирует с эктодермой наружной поверхности планулы. Далее эктодермальное впячивание сливается с верхней частью среднего отдела энтодермы с формированием общей выстилки гастральной полости первичного полипа. Оральная часть гастральной полости соответствует полости формируемого манубриума первичного полипа, и имеет эктодермальную внутреннюю выстилку. В плоскости, перпендикулярной плоскости

первой пары щупалец, формируются два выпячивания среднего отдела энтодермы. Эти выпячивания участвуют в формировании энтодермы второй пары щупалец. В основании щупалец на уровне перехода щупалец в оральный диск и чашечку первичного полипа, энтодерма обеих пар щупалец соприкасается. Место соприкосновения четко маркируется границей между пластами. По этой границе в поверхностной эктодерме орального диска происходит формирование пучка эпителиально-мышечных клеток, который соединяет эктодерму орального диска с эктодермой боковой стенки чашечки первичного полипа. Расположение мышечных пучков соответствует местам формирования септ первичного полипа. По мере роста полипа происходит развитие септ в гастральной полости. Со стороны гастральной полости большая часть септ сформирована разрастанием эктодермальной выстилки манубриума полипа. Таким образом, развитие и строение сцифоидных полипов в значительной степени соответствует таковым коралловых полипов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-04-01131-а.

*\*Игорь Арнольдович Косевич: ikosevich@gmail.com*

## **ВИДОВОЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА БЕЛОГО МОРЯ И ПАРАДОКС СОСУЩЕСТВОВАНИЯ АРКТИЧЕСКОЙ И БОРЕАЛЬНОЙ ФАУНЫ**

**К.Н. Кособокова\***

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН*

Изучение зоопланктона Белого моря, и в том числе, его фаунистического состава, имеет более чем вековую историю. Состав фауны и облик планктонных сообществ Белого моря определяется его физико-географическими и климатическими особенностями, геологической историей и связью с соседними морскими акваториями. Для пелагических обитателей существенно, что море имеет большой диапазон глубин и ковшеобразную форму, представляя собой как бы огромный

фиорд с максимальными глубинами 340 м, отделенный длинным (150 км), узким и относительно мелководным проливом – Горлом – от соседствующего с ним Баренцева моря. Не менее важную роль в формировании планктонных сообществ играет и наличие в Белом море обширных прогреваемых мелководий. Многими исследованиями показано, что планктонная фауна Белого моря значительно беднее баренцевоморской по числу видов в каждом из обычных таксонов, а такие таксономические группы как планктонные остракоды, фораминиферы, радиолярии и сифонофоры в ней полностью отсутствуют. Обсуждаются причины обеднения видового состава зоопланктона Белого моря по сравнению с Баренцевым и другими арктическими морями, его связь с фауной Арктического бассейна и парадокс сосуществования в нем арктической и теплолюбивой бореальной фауны.

\**Ксения Николаевна Кособокова: xkosobokova@ocean.ru*

## **АВИФАУНА ОТКРЫТЫХ РАЙОНОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ЕЕ СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ**

**Ю.В. Краснов\*, А.В. Ежов**

*Мурманский морской биологический институт РАН*

Наше исследование основано на материалах наблюдений за птицами в ходе 90 судовых экспедиций в Баренцево море в период 1992-2023 гг. При изучении орнитофауны открытых районов Баренцева моря (за пределами 5 км прибрежной зоны) были зарегистрированы 83 вида птиц 9 отрядов. Наиболее многочисленными оказались представители отряда Ржанкообразных (32 вида), Воробьинообразных (17 видов) и Гусеобразных (13 видов). Из всех зарегистрированных нами видов к экологической группе типично морских птиц можно отнести 51 вид. В тоже время, по количественным показателям в весенне-летне-осенний период, основу орнитофауны открытого моря составляют всего 6 видов типично морских птиц. Это повсеместно встречающиеся глупыш (*Fulmarus glacialis*) и моевка (*Rissa tridactyla*), толстоклювая кайра (*Uria lomvia*), в юго-западных районах моря – серебристая чайка

(*Larus argentatus*) и тонкоклювая кайра (*U. aalge*), а в северных районах моря – люрик (*Alle alle*). Представители некоторых видов птиц суши попадают в море случайным образом, например, удод (*Urupa eups*). Другие виды, такие как свиристель (*Bombycilla garrulus*), желтоголовый королек (*Regulus regulus*) и обыкновенная чечетка (*Acanthis flammea*) – в годы массовых инвазий. Такие залеты в большинстве случаев заканчиваются гибелью птиц, даже если они, в конце концов, добираются до отдаленной суши. В отдельных случаях сухопутные виды, такие как скворец (*Sturnus vulgaris*), проникают на островные архипелаги и гнездятся вблизи жилья человека, раздвигая таким образом границы своего ареала. И все же море для многих сухопутных видов – труднопреодолимый барьер. Но для некоторых видов морских и водных птиц море является естественным путем к открытию и колонизации новых территорий. Процесс, начинающийся с регулярного проникновения отдельных особей в новые районы, нередко заканчивается появлением новых видов в гнездовой авифауне региона, а в отдельных случаях – и в России. Так, начиная с редких и одиночных экзотических залетов в российские воды Баренцева моря в конце 1980-х гг., большой поморник (*Stercorarius skua*) стал обычным малочисленным видом региона и в 2000-х гг. колонизировал все крупные архипелаги бассейна. С середины 1990-х гг. к настоящему времени аналогичным образом стала обычным малочисленным видом в юго-западной части моря и северная олуша (*Morus bassanus*). Допускается, что в обоих случаях расселение видов в новые районы было связано с увеличением численности в центре ареала в результате охранных мероприятий. Способствовало этому и существование приемлемых для этих видов трофических условий в Баренцевом море. В настоящее время, в связи с серьезными изменениями океанографических условий в Северной Атлантике и юго-западной части Баренцева моря, отмечены регулярные встречи одиночных особей таких видов как чернобровый альбатрос (*Diomedea melanophris*) и пестробрюхий буревестник (*Puffinus gravis*). При этом постоянные залеты серого буревестника (*P. griseus*) на акваторию Баренцева и Карского морей уже привели к изменениям его общего ареала.

\*Юрий Владимирович Краснов: [kharlov51@mail.ru](mailto:kharlov51@mail.ru)

## ЗАЛИВЫ В ИЗОЛЯЦИИ: МЕРОМИКСИЯ И ЕЕ СЛЕДСТВИЯ

Е.Д. Краснова\*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова*

Из-за поднятия беломорского берега, некоторые заливы отделяются от моря, и происходит экологическая сукцессия, в ходе которой исходно морской водоем превращается в озеро, проходя через стадию меромиктического водоема. Такой тип сукцессии исследуется впервые. Гидрологическая эволюция отделяющегося водоема заключается в постепенном опреснении поверхностного слоя, при том, что в нижней части сохраняется реликтовая морская вода. В придонном слое возникает анаэробная зона с высокой концентрацией сероводорода, выработанного бактериями-сульфатредукторами. На Беломорской биостанции МГУ развернуты многоплановые исследования водоемов, отделяющихся от моря. За последние 13 лет обнаружено более двух десятков на разных стадиях изоляции от моря. Несколько в окрестностях ББС находятся под наблюдением более десяти лет. Некоторые озера, которые с поверхности представляются пресными, оказались меромиктическими. И, наоборот, во внешне обычной морской бухте возле дна может быть сероводородная зона. Аноксия на морских акваториях, не испытывающих антропогенного загрязнения, тем более в Арктике, требует изучения в связи с общим трендом увеличения в мировом океане числа участков с дефицитом кислорода и площади «мертвых зон» на дне. Впечатляющее явление – разноцветные прослойки воды на границе аэробной и анаэробной зон, именуемой хемоклином, образованные монокультурой какого-либо фототрофного микроорганизма. В ряде случаев это одноклеточные водоросли, чаще всего миксотрофы. В их числе криптофитовые водоросли, способные питаться бактериями, в том числе – аноксигенными фототрофными бактериями, которые сами могут образовывать слой яркой окраски. Создаваемая ими продукция во много раз превышает продукцию фитопланктона вышележащей водной толщи. Возле хемоклина концентрируется зоопланктон, есть виды, которые в массе встречаются только там. Слой хемоклина представляет собой богатое и своеобразное сообщество, новое для науки. Ниже цветного слоя, в анаэробной зоне – бактериальное сообщество, осуществляющее круговорот серы.

Подобные сообщества были широко распространены в Архее, а теперь выживают лишь в ограниченных защищенных от кислорода анаэробных «карманах». Меромиктические водоемы интересны также резкими градиентами. Слой с высоким содержанием кислорода и расположенный под ним слой с большой концентрацией сероводорода могут быть разделены расстоянием всего 10-20 см. В них есть «парниковый эффект»: заглубленный максимум температуры под галоклином и накопление кислорода, выработанного фитопланктоном, до 200-300% насыщения. На ранних стадиях изоляции водоема в хемоклине концентрируются микроорганизмы с красной окраской, а в более продвинутых – с зеленой. Измерения спектров прохождения света показали, что, по мере опреснения поверхностного слоя воды, диапазон длин волн смещается от зеленых к красным. В числе неразгаданных загадок – различия в температуре придонного слоя воды, положительной в течение всего года и постоянной в каждом водоеме.

\*Елена Дмитриевна Краснова: [e\\_d\\_krasnova@mail.ru](mailto:e_d_krasnova@mail.ru)

## КРОВЕНОСНАЯ СИСТЕМА

### *CAOBANGIA BILLETI* GIARD, 1893 (SABELLIDA, FABRICIIDAE)

**В.И. Кроленко<sup>1, \*</sup>, Г.Д. Колбасова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных;*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова*

*Caobangia* – пресноводные аннелиды, симбионты двустворчатых и брюхоногих моллюсков Юго-Восточной Азии. Черви проделывают норки в кальцитовом слое раковин моллюсков, и ведут оседлый образ жизни. Тело *Caobangia* состоит из жаберного венчика, торакса и абдомена; максимальные размеры животного – около 7 мм в длину и 1 мм в ширину. Черви обладают весьма aberrantным строением даже

в сравнении с другими Serpulomorpha (группа седентарных полихет, в настоящий момент соответствующая отряду Sabellida). Помимо инверсии положения щетинок и фекальной бороздки, характерной для этой группы, Caobangia обладают хвостовым отростком – фактически, кишечной трубкой, приросшей к телу снаружи, так что анальное отверстие находится на спинной стороне торакса, вблизи головного конца. Сегментация сохраняется лишь в торакальном отделе тела, тогда как абдоминальный имеет вид мешка, вмещающего желудок, нефридиальные протоки и гонады. Особенно хорошо у Caobangia развита кровеносная система, что кажется необычным для столь мелких полихет. Мы предлагаем подразделять ее на центральную и периферическую в новом смысле: к центральной кровеносной системе мы относим околкишечный синус и нефридиальные сосуды, которые кровь проходит транзитом, а к периферической – сосуды жаберной короны и прочие, по которым кровь циркулирует реверсом. В щупальцевом отделе кровеносные сосуды сопровождают каждую радиолу и пиннулу. В торакальном отделе имеются продольные сосуды, идущие вдоль кишки, которые затем переходят в околкишечный синус, а также система сосудов, в том числе сегментарных, связанных с нефридиями. Наиболее интересен абдоминальный отдел, где во множестве залегают парные сосуды, берущие начало от околкишечного синуса. Более того, нами обнаружены т.н. сердечные тельца – специализированные кроветворные органы, имеющие вид тяжелой темных, сильно вакуолизированных клеток. Несмотря на присутствие всех основных элементов, характерных для кровеносной системы прочих Serpulomorpha, нельзя не отметить, что генеральный план сильно видоизменен в соответствии с общими морфологическими преобразованиями, частичной утерей сегментации и смещением анального отверстия. Более того, у Caobangia кровеносная система является, по-видимому, единственной системой органов, сохранившей следы сегментации в абдомене.

*\*Варвара Ивановна Кроленко: vikrolenko@gmail.com*

## ПАРАЗИТЫ БЕСХВОСТЫХ АМФИБИЙ ОСТРОВА СРЕДНИЙ КЕРЕТСКОГО АРХИПЕЛАГА БЕЛОГО МОРЯ

Э.Ю. Кузнецова\*

*Казанский федеральный университет, институт фундаментальной медицины и  
биологии, кафедра зоологии и общей биологии*

Достаточно большое внимание в настоящее время уделяется изучению земноводных. Двойственный образ жизни, связанный как с водной, так и наземной средой, обуславливает не только целый ряд морфологических и физиологических особенностей представителей амфибий, но и определяет качественный и количественный состав их паразитофауны. В настоящее время идет активное изучение паразитофауны амфибий, в частности самого многочисленного отряда бесхвостых земноводных на урбанизированных территориях. Несомненно, важно вести наблюдения и анализ качественного и количественного состава паразитофауны животных, обитающих на смежных с человеком территориях, так как амфибии широко вовлечены в циркуляцию паразитов по трофическим цепям, частью которых так же является человек. Однако, территории, на которых прессинг со стороны человека выражен не так сильно, остаются малоизученными и в свою очередь являются не менее интересными для анализа. Данная работа представляет собой анализ паразитофауны бесхвостых амфибий о. Средний Керетского архипелага Белого моря. На территории острова обитает два вида бесхвостых амфибий: Серая или обыкновенная жаба *Bufo bufo* и Травяная лягушка *Rana temporaria*. Для уменьшения антропогенного давления на популяцию амфибий исследование паразитофауны производилось при помощи метода прижизненного изучения питания (Куранова, 1983). Его суть заключается в анализе экскрементов, в которых, помимо пищевых остатков, можно обнаружить паразитические организмы. В ходе исследования также были найдены мертвые особи, которые подверглись гельминтологическому вскрытию по Скрыбину (Скрыбин, 1928). В ходе анализа паразитофауны бесхвостых амфибий о. Средний Керетского архипелага Белого моря было обнаружено 5 видов паразитических организмов: Protozoa:

*Opalina ranarum* (Purkinje et Valentin, 1835), Plathelminthes: *Haplometra cylindracea* (Zeder, 1800) и Nematoda: *Rhabdias bufonis* (Shrank, 1788), *Oswaldocruzia filiformis* (Goeze, 1782), *Cosmocerca ornata* (Dujardin, 1845).

\*Эльза Юрьевна Кузнецова: *elza\_elza99@mail.ru*

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ БРАХИОПОДЫ *HEMITHIRIS PSITTACEA* (RHYNCHONELLIFORMEA: RHYNCHONELLIDA)

Т.В. Кузьмина\*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Брахиоподы – морские беспозвоночные животные с пелаго-бентическим жизненным циклом. Взрослые особи защищены раковиной и ведут малоподвижный образ жизни, используя щупальцевый орган, лофофор, для питания и дыхания. В планктоне обитают личинки или ранние ювенильные стадии. Брахиоподы делятся на три подтипа (Craniiformea, Rhynchonelliformea и Linguliformea), которые различаются особенностями онтогенеза. У большинства брахиопод оплодотворение происходит в толще воды. У Craniiformea и Rhynchonelliformea из яйца вылупляется бластула, в воде формируется лецитотрофная ресничная личинка. У Craniiformea личинка (хетотроха) несет три пары пучков щетинок, при оседании она складывается на брюшную сторону. У представителей отряда Terebratulida ринхонеллиформных брахиопод складывание происходит в толще воды во время гастрюляции, в результате формируется личинка (цефалула), в то время как раковина и лофофор образуются после оседания. У семейства Discinidae лингулиформных брахиопод гастрюляция происходит внутри яйцевых оболочек, из яйца выходит цефалула, которая затем формирует планктотрофную ювенильную особь с раковиной и лофофором (тегулолофу). Для лингулид (Linguliformea) характерен жизненный цикл с прямым развитием, в котором из яйца вылупляется тегулолофа.

Для отряда Rhynchonellida ринхонеллиформных брахиопод описан сходный жизненный цикл с теребратулидами, с единственной разницей – в мантийной полости материнского организма происходит оплодотворение и вынашивание цефалул. Однако до настоящей работы не были обнаружены личинки в мантийной полости ринхонеллиды *Hemithiris psittacea*, обитающей в Белом море. В данной работе впервые изучено развитие брахиоподы *H. psittacea*, собранной в Кандалакшском заливе Белого моря, методами искусственного оплодотворения и индукции нереста. Было показано, что оплодотворение происходит в толще воды, вокруг зиготы формируются толстая слизистая оболочка, которая прилипает к субстрату на дне. Под яйцевой оболочкой происходит дробление, гастрюляция и формирование трехлопастной цефалулы, которая вылупляется из яйцевой оболочки. Компетентная цефалула плавает вдоль поверхности дна, имеет червеобразную форму и состоит из головной, мантийной и ножной лопастей. Строение цефалул *H. psittacea* отличается от личинок теребратулид, которые активно плавают в толще воды. Цефалулы *H. psittacea* лишены глазных пятен, имеют укороченные малочисленные щетинки. Полученные результаты противоречат данным относительно этого же вида брахиопод, собранного в канале Сан Хуан (Вашингтон, США), для которого описано личиночное развитие вне яйцевых оболочек в лофофоре материнской особи. Вероятно, *Hemithiris* из канала Сан Хуан и Белого моря представляют собой разные виды. В данной работе впервые для Rhynchonelliformea был описан жизненный цикл с эмбрионизацией личиночного развития, напоминающий жизненный цикл дисцинид. Таким образом, эмбрионизация появлялась независимо в разных группах брахиопод.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 23-14-00020.

\*Татьяна Валерьевна Кузьмина: [kuzmina-t@yandex.ru](mailto:kuzmina-t@yandex.ru)

**ПИТАНИЯ БРАХИОПОДЫ *HEMITHIRIS PSITTACEA*  
(RHYNCHONELLIFORMEA: RHYNCHONELLIDA)**

**Т.В. Кузьмина\*, А.А. Георгиев**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Брахиоподы – группа морских беспозвоночных животных, заключенных в двустворчатую раковину и имеющих шупальцевый орган – лофофор, который участвует в фильтрации пищевых частиц. Брахиоподы входят в состав естественного биофильтра морей и играют важную роль в экологии донных сообществ. Известно, что брахиоподы питаются фитопланктоном и взвешенным в воде детритом. Однако остается ряд нерешенных вопросов относительно особенностей питания брахиопод. В первую очередь это касается механизма фильтрации. Было предположено, что отбор пищевых частиц происходит по размеру: нижний предел размера частиц составляет 3-4 мкм, а верхний предел – 100 мкм. Однако эта гипотеза не подкреплена данными о составе питания брахиопод. У представителей подтипа Rhynchonelliformea, который является доминирующей группой брахиопод, кишечник слепозамкнут. Наличие большого количества водорослей с панцирями в планктоне может привести к засорению слепозамкнутого кишечника. Вероятно, поэтому большинство Rhynchonelliformea обитают ниже фотической зоны. Однако ряд ринхонеллиформных брахиопод, в том числе *Hemithiris psittacea*, обитают в фотической зоне на глубине 8-10 м. До сих пор остается неизвестным, каков состав питания данного вида и как он решает вопрос засорения пищеварительного тракта. В данной работе методами световой и сканирующей электронной микроскопии изучено содержимое желудка, пищеварительной железы и средней кишки 4 особей брахиопод *H. psittacea*, собранных в августе 2021 в Кандалакшском заливе Белого моря в окрестностях ББС МГУ. Было обнаружено 28 видов водорослей. Доминирующей группой оказались диатомовые водоросли (21 вид). Кроме того, обнаружено 6 видов динофитовых и один представитель Cercozoa. Размерный диапазон отфильтрованных частиц равен 7-200 мкм. Обнаружены целые клетки и фрагменты панцирей крупных представителей как диатомовых, так и динофитовых водорослей. Полученные данные не согласуются с верхним пределом размера пищевых частиц, описанным в гипотезе фильтрации по размеру. Вероятно,

в сортировке играет роль не только размер частицы, но и ее масса, что было предположено рядом авторов. Важно отметить, что в желудке и средней кишке обнаружен сходный видовой состав водорослей. В то время как в пищеварительной железе панцири водорослей не были найдены. Вероятно, это связано с тем, что в желудке и средней кишке происходит разлом панцирей крупных водорослей за счет мышечного давления, а также за счет выделения пищеварительных ферментов, которые могут расщеплять органические панцири динофитовых водорослей. Слепозамкнутое расширение средней кишки, характерное для данного вида, вероятно, является дополнительным резервуаром, где происходит химическое расщепление панцирей. При этом в пищеварительной железе происходит внутриклеточное пищеварение. Благодаря механизму размельчения панцирей водорослей кишечник *H. psittacea* не засоряется, а непереваренные кусочки панцирей выходят через рот за счет обратной перистальтики.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23-14-00020.

\*Татьяна Валерьевна Кузьмина: [kuzmina-t@yandex.ru](mailto:kuzmina-t@yandex.ru)

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ И РАЗНООБРАЗИЕ МИНОГ АРКТИКИ – АККУМУЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ДАННЫХ

**А.В. Кучерявый, Н.В. Полякова\***

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН*

Базу данных Миноги России ведут сотрудники Института проблем экологии и эволюции. Она включает в себя краткие справки о собственных поимках, опубликованные сведения и сведения о материале, переданном коллегами. По результатам анализа данных базы можно заключить, что в настоящее время в Арктике распространены миноги трех родов – моноспецифичного *Petromyzon* и родов, виды которых могут образовывать разные экологические формы,

*Lethenteron* и *Entosphenus*. В пределах российской части Арктики *Petromyzon* и *Entosphenus* представлены только во время их морского периода жизни. Морская минога (*P. marinus*) – Баренцево море. Редкие поимки. Есть сведения о значительном расширении ареала на север, где практически достигла Шпицбергена. В 21 веке известно 8 поимок. Исходя из разброса массы пойманных особей (50-1500 г) можно предположить, что миноги здесь или проводят большую часть времени нагула, или заходят в российские воды Арктики в разные периоды нагульной миграции. Трехзубая минога (*E. tridentatus*) – Берингово море. Редкие поимки. Первое подтвержденное упоминание датируется 1947 г. В 21 веке упоминания о случайных поимках стали происходить чаще. Вероятно, ареал нагула смещается или расширяется на север. Тихоокеанская минога (*L. camtschaticum*) представлен как в морских, так и в пресных водах российской части Арктики. На наш взгляд, это комплексный вид, образующий разные экологические формы, которые другие исследователи могут традиционно трактовать как самостоятельные виды – дальневосточная ручьевая минога (*L. reissneri*) и сибирская минога (*L. kessleri*). Накопленный материал (от молекулярно-генетических данных до разнообразия экологических форм) не позволяет считать выделение видов обоснованным. Заслуживают отдельного упоминания пресноводная паразитическая форма тихоокеанской миноги и озерные формы водохранилищ. Первая распространена в дельтах крупных рек Карского моря и достоверно известна как минимум с 1984 г. Наличие такой формы уникально для тихоокеанской миноги – нагул ее особей происходит в пресных или распресненных участках рек (губах), но в отличие от известной, также встречающейся у тихоокеанской и некоторых других видов формы граесох, время нагула не сокращается, а продолжается 2-3 года, и особи достигают размеров тела, соответствующих анадромной форме. Водоёмы, возникшие в результате антропогенной деятельности, выступили с одной стороны барьером, перекрывшим миграционные пути анадромным миногам, с другой – при наличии в них подходящих кормовых объектов – местом формирования озерной формы. Так как пик развития гидростроительства приходился на середину 20 века, трудно представить, что появившиеся формы ведут свое происхождение от анадромной. Миноги остаются малоизученными в большей части не только

Арктики, но и Евразии в целом, и мы будем признательны нашим коллегам, которые смогут поделиться информацией о своих находках.

Финансирование работ происходило за счет средств РФФ, грант 19-14-00015-П.

\**Наталья Владимировна Полякова: nvrnataly@yandex.ru*

**СПЕКТР ПИТАНИЯ БЕЛОМОРСКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ  
ГОЛОЖАБЕРНЫХ МОЛЛЮСКОВ РОДА *DENDRONOTUS* (GASTROPODA:  
NUDIBRANCHIA)**

**Н.Р. Крупицкая\*, И.А. Екимова, В.В. Малахов**

*Московский государственный университет им М. В. Ломоносова*

Голожаберные моллюски (Nudibranchia) – крупный (около 3000 видов) отряд класса брюхоногих моллюсков (Gastropoda), входящий в разнообразный подкласс Heterobranchia. Голожаберные моллюски являются важной частью донных сообществ и характеризуются широким спектром типов питания, от скребущего до сверлящего, и разнообразием пищевых предпочтений. В число объектов питания голожаберных моллюсков могут входить губки, стрекающие, моллюски, мшанки, ракообразные и асцидии. При этом для голожаберных моллюсков выбор пищевых объектов зачастую видоспецифичен или специфичен для рода. Так в литературе для вида *Dendronotus elegans* продемонстрировано питание полипами рода *Abietinaria*, *Sertularia*, *Dyphasia*, *Hydrallmania*. Для вида *D. frondosus* данные по питанию разнятся у разных авторов и выделяются следующие виды гидроидных полипов: *Sertularia cupressina*, *Corine eximia*, *Bougainvillia glorietta*, *Obelia dihotoma*, *Dynamena pumilla*, *Hydrallmania falcata*, *Sertularia argentea*. Кроме того, были указания на то, что особи *D. frondosus* питаются полипами *Tubularia*. Точное определение спектра питания голожаберных моллюсков является актуальным

направлением исследований современной науки. Тем не менее, зачастую подобные исследования затруднены определенными методологическими сложностями, связанными с невозможностью наблюдения процесса питания *in vivo*, плохой доступностью материала для сбора. В нашей работе были изучены два массовых в окрестностях МГУ вида голожаберных моллюсков рода *Dendronotus*: обитающий в верхнем горизонте сублиторали *Dendronotus frondosus* и более глубоководный *Dendronotus elegans*. Для прижизненных экспериментов были подобраны оптимальные условия содержания и использовано более 50 особей каждого вида. Производилась фото и видео съемка живых объектов. Подробно изучено поведение этих двух видов, их спектр питания, а также продолжительность этого процесса. Содержимое желудков, полученное в результате анатомического вскрытия, было изучено с помощью световой микроскопии, а также сканирующей электронной микроскопии. В результате исследования были выявлены различия в спектре питания видов *Dendronotus frondosus* и *Dendronotus elegans*. Оба вида питаются гидроидными полипами, однако, состав нематоцист в желудках обоих видов разный. Кроме того, значительную часть содержимого желудков составляют организмы не-книдарного происхождения. Полученные результаты не позволяют сделать однозначных выводов о специализации видов рода *Dendronotus* на различных гидроидах.

Исследование было поддержано грантом РФФ №20-74-10012.

\*Нелля Ринатовна Крупицкая: [nelly-karimova@yandex.ru](mailto:nelly-karimova@yandex.ru)

**КЛЕТОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕПАРАТИВНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ  
ИЗВЕСТКОВОЙ ГУБКИ *LEUCOSOLENIA CORALLORRHIZA***

**А.И. Лавров<sup>1, \*</sup>, К.В. Скоренцева<sup>2</sup>, Н.П. Мельников<sup>3</sup>, Ф.В. Большаков<sup>1</sup>,  
А.В. Ересковский<sup>2, 4</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова;*

<sup>2</sup> *Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, лаборатория эволюции морфогенезов;*

<sup>3</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных;*

<sup>4</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет, биологический факультет, кафедра эмбриологии*

Губки (тип Porifera) демонстрирует высокий регенеративный потенциал и способны восстанавливать исходную организацию после различных типов ранений. В разных классах губок процесс регенерации обеспечивается отличными наборами клеточных механизмов. Центральным процессом в регенерации известковых губок (кл. Calcarea) является быстрое формирование регенеративной мембраны (РМ), которая закрывает рану, а затем преобразуется в интактную стенку тела. Целью данной работы было оценить вклад клеточной пролиферации, программируемой клеточной гибели и клеточной подвижности в процесс регенерации стенки тела известковой асконоидной губки *Leucosolenia corallorrhiza*. В основе формирования РМ и ее последующего преобразования в интактную стенку тела лежат эпителиальные морфогенезы – растяжение, уплощение и слияние эпителиальных пластов: экзопинакодермы и хоанодермы. Эти морфогенезы происходят благодаря активному изменению формы клеток в интактных тканях, лежащих около раны. Изменения формы клеток сопровождаются значительными перестройками их цитоскелета, в первую очередь системы актиновых филаментов. На лидирующем крае регенеративной мембраны формируется актомиозиновый тяж, с характерным прерывистым паттерном распределения немышечного миозина II типа на пучках актиновых филаментов. Для интактных тканей *L. corallorrhiza* характерен высокий

уровень пролиферативной активности: в них постоянно присутствуют как EdU-, так и pH3-положительные клетки. Абсолютное большинство пролиферирующих клеток является хоаноцитами. Регенерирующие губки сохраняют описанный паттерн пролиферации на протяжении всего процесса: не происходит ни значимых изменений в доле пролиферирующих клеток, ни изменения в их распределении. Эксперименты по долговременной блокировке пролиферации в ходе регенерации стенки тела показали, что полное восстановление утраченного фрагмента может нормально проходить при условии отсутствия клеточных делений. При этом процесс регенерации у губок с заблокированной пролиферацией и контрольных губок происходит с одинаковой скоростью. Апоптоз происходит на всех стадиях регенерации стенки тела *L. corallorrhiza*, однако его уровень очень низок. Количество апоптотических клеток несколько выше на ранних стадиях регенерации. На всех исследованных стадиях апоптотические клетки находятся непосредственно на крае раны. В тканях, удаленных от раны, TUNEL-положительные клетки встречаются крайне редко. Таким образом, ни клеточная пролиферация, ни программируемая клеточная гибель не играют значительной роли в регенеративных процессах у асконоидной известковой губки *L. corallorrhiza*. Основной движущей силой регенерации, судя по всему, является коллективное изменение формы и миграция клеток в составе хоанодермы и экзопинакодермы около раны. Регенерация *L. corallorrhiza* происходит только за счет перестройки интактных тканей, прилежащих к ране, и может представлять собой редкий пример «чистого» морфаллаксиса.

Работа поддержана грантом РФФИ № 23-74-10005.

\*Андрей Игоревич Лавров: [lavrovai@my.msu.ru](mailto:lavrovai@my.msu.ru)

**РОЛЬ NOTCH СИГНАЛЬНОГО ПУТИ В СПЕЦИФИКАЦИИ  
ЗАРОДЫШЕВЫХ ЛИСТКОВ У ГИДРОИДНЫХ ПОЛИПОВ С АБОРАЛЬНОЙ  
ГАСТРУЛЯЦИЕЙ НА ПРИМЕРЕ *DINAMENA PUMILA***

**Т.С. Лебедева<sup>1, \*</sup>, А.А. Ветрова<sup>2, 3</sup>, С.В. Кремнев<sup>2, 3</sup>**

<sup>1</sup> *Венский университет (University of Vienna, Vienna, Austria);*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;*

<sup>3</sup> *Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН*

Сигнальный путь Notch играет важную роль в регуляции эмбрионального развития у различных групп животных, находящихся на значительном эволюционном удалении друг от друга. Исследования, проведенные на животных из группы Bilateria, позволяют утверждать, что сигнальный путь Notch имеет ключевое значение в регуляции спецификации зародышевых листков. Однако до сих пор остается неясным, насколько данная регуляторная функция Notch сигнального пути является эволюционно консервативной. Группа Cnidaria занимает важное филогенетическое положение в качестве сестринской группы для Bilateria, что делает их ценными модельными объектами для изучения эволюционной консервативности процессов эмбрионального развития у животных. Предыдущими исследованиями было показано, что сигнальный путь Notch у Cnidaria участвует в регуляции формирования энтодермальных и глоточных структур, а также щупалец. Однако до сих пор не до конца ясно, какая именно роль у сигнального пути Notch в регуляции формирования энтодермы у Cnidaria и насколько она схожа с ролью у Bilateria. Особый интерес представляет исследование роли сигнального пути Notch в эмбриональном развитии представителей Cnidaria, которые обладают аполярным формированием энтодермы. Аполярный тип гастрюляции не встречается у животных группы Bilateria, но является характерным для многих представителей класса Hydrozoa, в том числе для беломорского колониального гидроидного полипа *Dynamena pumila*. Биоинформатический анализ транскриптома показал наличие экспрессии гомолога гена Notch у *D. pumila*. Визуализация экспрессии гена DpNotch с использованием метода гибридизации *in situ* показала полярную локализацию транскриптов на стадии гастрюлы. На стадии планулы, транскрипты гена DpNotch были обнаружены нами на аборальной стороне личинки, как в эктодерме,

так и в энтодерме. Мы также провели функциональные исследования сигнального пути Notch в раннем развитии *D. pumila* с помощью фармакологического ингибирования. Морфологический анализ эмбрионов после ингибирования сигнального пути Notch показал нарушения спецификации аборальной энтодермы у развивающихся личинок. Дополнительно, мы провели анализ экспрессии генов, которые являются эволюционно консервативными маркерами зародышевых листков в различных группах животных, у эмбрионов, в которых была подавлена активность Notch каскада. Полученные результаты позволяют нам предположить, что сигнальный путь Notch участвует в регуляции разметки зародышевых листков у *D. pumila*, а также свидетельствуют о консервативной роли сигнального каскада Notch в формировании зародышевых листков у Cnidaria и Bilateria.

\*Татьяна Семеновна Лебедева: [tclebedeva@gmail.com](mailto:tclebedeva@gmail.com)

## **ОСОБЕННОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ *MYTILUS EDULIS* L. В УСЛОВИЯХ НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ ПОСЕЛЕНИЯ**

**П.А. Лезин\***

*Зоологический институт РАН*

Разным сторонам процесса формирования друз мидии *Mytilus edulis* посвящено большое количество исследований. Достаточно подробно изучены отдельные аспекты агрегации мидий в природных условиях и в условиях лабораторных экспериментов. Однако, большинство экспериментальных работ проводилось при достаточно высокой плотности посадки животных. И оценка процесса агрегации производилась с точки зрения системы в целом. Такой подход маскирует индивидуальные особенности поведения моллюсков и не позволяет анализировать отдельные взаимодействия между особями. В данной работе предпринята попытка анализа ранних стадий формирования друз мидии при низкой плотности посадки в условиях лабораторных экспериментов. Исследования выполнены на Беломорской Биологической станции ЗИН РАН в 2021-2022 гг. Материалом послужили молодые

*Mytilus edulis* с длиной раковины 15-20 мм. Эксперименты проводились в специально изготовленном аквариуме с площадью дна 1 м<sup>2</sup>. Установка была оборудована системой плановой видеосъемки, что позволяло фиксировать все перемещения моллюсков. В результате работы были выделены и описаны основные паттерны поведения моллюсков при встрече, как-то: остановка, расхождение, активное избегание и преследование. Было определено их соотношение при разных плотностях посадки. Прослежено формирование и варианты развития ранних агрегаций мидий при разной плотности поселения. Показано, что устойчивое и повторяющееся формирование друз мидий происходит при гораздо меньших плотностях поселения, чем было принято считать ранее. В современной литературе одной из доминирующих точек зрения является гипотеза о том, что мидии активно ищут партнеров для формирования друз и весь процесс является неслучайным. Полученные данные демонстрируют, что встречи моллюсков происходят, как правило, случайным образом. Доля встреч, происходящих в результате активных поведенческих реакций, составляет единицы процентов. Также было показано, что, вопреки распространенному мнению, подавляющая часть взаимодействий мидий не приводит к запуску процесса формирования долговременных агрегаций.

\*Петр Андреевич Лезин: [peter.lesin@gmail.com](mailto:peter.lesin@gmail.com)

**ПЕРВОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ НЕМАТОДЫ *PSEUDOTERRANOVA BULBOSA* (NEMATODA, ANISAKIDAE) В НЕМЕРТИНЕ *ARCTOSTEMMA ARCTICUM* (NEMERTEA, HOPLONEMERTEA)**

**Г.В. Лихачева\*, И.А. Чернева**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Изучение взаимодействия паразитических организмов и их хозяев имеет важное практическое и научное значение. Зачастую идентификация хозяев многих паразитирующих животных бывает затруднена или, напротив, паразитофауна многих видов остается за пределами внимания исследователей. Так, для

представителей типа немертин известно множество случаев межвидового взаимодействия с другими организмами. Например, в Белом море многочисленна *Malacobdella grossa*, живущая в мантийных камерах двустворчатых моллюсков (Gibson, 1967, 1968; Kozloff, 1991). Однако о многоклеточных животных, использующих немертин как хозяев, известно не так много. Существует лишь одна публикация, в которой упоминаются нематоды как паразиты немертин. У единственного экземпляра наземного вида *Geonemertes philippinensis* в мышцах, паренхиме и кишечном эпителии было обнаружено большое количество неидентифицированных инкапсулированных нематод (Gibson and Moore, 1998). В остальных видах немертин не были обнаружены паразитические нематоды и, в свою очередь, не идентифицирован ни один вид нематод, паразитирующий на немертинах. В июле 2019 года в результате траления около Крестовых островов были собраны немертины *Arctostemma arcticum* (Uschakov, 1926), у двух из которых сквозь покровы были различимы нематоды, находящиеся в ринхоцели (заполненной жидкостью полости, в которой располагается хобот). Одна нематода была извлечена, сфотографирована, измерена и зафиксирована для молекулярно-генетических исследований, особь *Arctostemma arcticum* со второй нематодой была разложена на серию парафиновых срезов 5 мкм толщиной и окрашена по методу Азана. В результате молекулярно-генетических и морфологических исследований было установлено, что нематоды принадлежат к виду *Pseudoterranova bulbosa* (Cobb, 1888). По всей видимости, особи находились на одной из поздних личиночных стадий. Их длина составляла около 3500 мкм при диаметре 120 мкм. Промежуточные хозяева этого вида нематод – мизиды, полихеты, амфиподы и копеподы. Взрослые особи – часто встречающийся у рыб и морских млекопитающих паразит. При недостаточной термической обработке рыб нематоды могут заражать и человека (Najda et al., 2018). Полихеты и амфиподы, вероятнее всего, являются кормовой базой рыб-хозяев. Однако немертины в подавляющем большинстве случаев не входят в нее, так как их поверхность покрыта ядовитой слизью. Неизвестно, говорит ли находка *Pseudoterranova bulbosa* о том, что *Arctostemma arcticum* все же входит в кормовую базу рыб Белого моря, это еще предстоит выяснить. Данная находка – это первый достоверно определенный вид нематод, паразитирующий в немертинах.

\*Галина Вячеславовна Лухачева: [lihagayka@gmail.com](mailto:lihagayka@gmail.com)

## РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАРЕЛЬСКОМ БЕРЕГУ БЕЛОГО МОРЯ

**Н.В. Лобанова\***

*Карельский научный центр РАН*

Доклад посвящен основным результатам комплексных работ на территории Карельского берега Белого моря, проводившихся в 2019-2021 гг. коллективом исследователей (археологов и геологов) из Карельского и Кольского научного центра РАН в рамках гранта РФФИ. Район работ охватывал прибрежную зону побережья между устьями рек Кереть и Сонрека. Главной их задачей являлось изучение материальной культуры доисторических охотников-рыболовов, обитавших в указанном районе в эпоху неолита и раннего металла – 5-7 тысяч лет назад. В ходе полевых работ проведены раскопки уникальных хозяйственно-жилищных комплексов, установлено время их существования, особенности образа жизни и характер приспособления древнего приморского населения к местным природным условиям в эпоху среднего голоцена.

\**Надежда Валентиновна Лобанова: [hoperlob@yandex.ru](mailto:hoperlob@yandex.ru)*

## ГЕЛЬМИНТЫ МОРСКОЙ И ПРЕСНОВОДНОЙ ПОПУЛЯЦИЙ ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ *GASTEROSTEUS ACULEATUS* АКВАТОРИИ В РАЙОНЕ ББС МГУ

**А.Д. Логвиненко<sup>1, \*</sup>, И.И. Гордеев<sup>1, 2</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных;*

<sup>2</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ ВНИРО)*

В районе Беломорской биологической станции МГУ имени М.В. Ломоносова (ББС МГУ) известно несколько популяций эвригалинной трехиглой колюшки

*Gasterosteus aculeatus*. Эти три популяции можно объединить в две группы: морская (в проливе Великая Салма), в которую входит солонатоводная (Нижнее Ершовское озеро, связанное с губой Кислая), и пресноводная (Нижнее Ершовское озеро), которые различаются генетически, как показано Терехановой и др. (2014) при помощи метода однонуклеотидных замен (SNP). В связи с этим возник интерес к сравнению паразитов этих популяций. В июне 2022 и 2023 года стандартными паразитологическими методами вскрыты 53 особи колюшки из пресноводной популяции, 50 особей из морской популяции и 26 особей из солонатоводной популяции. Паразитов определяли по морфологическим признакам и уточняли видовую принадлежность личиночных форм при помощи молекулярно-генетических методов (28S и *cox1* у цестод, 28S и ITS1 у трематод и *cox2* у нематод). Предварительные результаты показали, что основу паразитарного сообщества морской колюшки составили нематоды группы Ascaridomorpha: *Anisakis simplex* (экстенсивность 71 %) и *Hysterothylacium aduncum* (экст. 53 %). Также довольно часто встречались трематоды *Hemiurus levinseni* (экст. 28 %), *Lecithaster salmonis* (экст. 66 %) и *Brachyphallus crenatus* (экст. 30 %). Из цестод достаточно часто встречались *Bothriocephalus scorpii* (экст. 20 %) и плероцеркоиды, предварительно отнесенные нами к сем. Proteocephalidae (экст. 12 %). Особи из солонатоводной популяции в основном не были заражены пресноводными паразитами, по-видимому, в связи с недавней миграцией из моря. Однако были отмечены две особи, зараженные одновременно морскими нематодами и пресноводными гельминтами (*Schistocephalus solidus*, *Diplostomum spathaceum*). В основном в солонатоводной популяции были обнаружены нематоды и трематоды морского происхождения: *Anisakis simplex* (экст. 60 %) и *Hysterothylacium aduncum* (экст. 40 %), *Brachyphallus crenatus* (экст. 23 %), *Hemiurus levinseni* (экст. 19 %) и *Lecithaster salmonis* (экст. 81 %). Паразитофауна пресноводной популяции значительно отличалась от морской и солонатоводной и состояла из цестод *Schistocephalus solidus* (экст. 98 %), метацеркарий *Diplostomum spathaceum* (24,5 %) и взрослых *Phyllodistomum folium* (13 %). Все обнаруженные паразиты, за исключением *S. solidus*, обычны для рыб Белого моря и по большей части обладают низкой хозяйинной специфичностью (гостальностью). Также были отмечены различия в морской популяции между 2022 и 2023 годами: появились плероцеркоиды сем. Proteocephalidae, многократно увеличилось заражение желудочными трематодами *Hemiurus levinseni* (экст. в 2022 г. 6 %, в 2023 г. 75 %) и

*Brachypallus crenatus* (экст. в 2022 г. 6 %, в 2023 г. 81 %). Дальнейшая обработка собранного материала позволит сделать достоверные выводы о сходствах и различиях зараженности колюшкой в трех популяциях.

*\*Андрей Денисович Логвиненко: andreylogv@yandex.ru*

**ЭВОЛЮЦИЯ СЕРОВОДОРОДНОГО ЗАРАЖЕНИЯ ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ  
ВОДОЕМОВ ВБЛИЗИ ББС МГУ ИМ. Н.А. ПЕРЦОВА  
(КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ)**

**Г.Н. Лосюк\*, Н.М. Кокрятская, С.С. Попов, К.В. Титова**

*ФИЦ Комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова УрО РАН  
(ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН, Архангельск)*

Отделяющиеся от моря лагуны и заливы, постепенно превращающиеся в пресные водоемы, являются интересными объектами исследования. Одной из основных особенностей в структуре таких озер является формирование постоянной (меромиксии) или временной стратифицированной структуры с анаэробными условиями, которые благоприятны для появления сероводорода. На протяжении последних десяти лет сотрудники нашего Центра принимают участие в изучении водоемов, расположенных в окрестностях ББС МГУ находящихся на разных стадиях отделения от моря: это оз. Нижнее Ершовское, Трехцветное, Кисло-Сладкое, Еловое, Большие Хрусломены; Лагуна на Зеленом мысе, бухта Биофильтров. Оз. Нижнее Ершовское считается полностью отделившимся пресным водоемом. Осенью 2011 г. в результате заброса морской воды в нем сформировалась стратифицированная структура, что привело к появлению сероводорода в придонных горизонтах. Максимальные концентрации были определены осенью 2013 г. и летом 2014 г. – 188 и 130 мг/л соответственно. Постепенно тонкая линза сероводорода уменьшалась, к настоящему времени водоем восстановился до исходного состояния. Оз. Трехцветное – уникальный меромиктический водоем с рекордными

концентрациями сероводорода – около 600 мг/л. В придонных слоях отмечено уменьшение хлорного коэффициента в 10 раз по сравнению с морем. Озеро Кисло-Сладкое является самым нестабильным среди исследованных водоемов. При формировании стратификации (которая может сохраняться в течение нескольких лет) концентрации сероводорода увеличивались до 101 мг/л. После того, как озеро промывалось морской водой в осенне-зимний период, сероводород обнаруживался эпизодически в небольших количествах (4-28 мкг/л). В лагуну на Зеленом мысе в каждый прилив затекает морская вода, но при этом в донной яме стратификация сохраняется и накапливается сероводород. За период исследований в придонном горизонте были отмечены как значительные концентрации сульфидов – в марте 2018 г. 160 мг/л, и 130-147 мг/л в марте 2021 и 2022 гг. соответственно. В то же время, в марте 2019 г. их содержание не превышало 29 мг/л. Оз. Еловое нами изучено не так подробно, как предыдущие водоемы. Но на протяжении всего периода исследований был зафиксирован стабильный рост значений содержания сероводорода (мг/л): 20 (2012 г.), 56 (2013 г.), 160 (2018 г.) и 210 (2021 г.). Оз. Большие Хрусломены один из наиболее глубоких стратифицированных водоемов, зараженных сероводородом, его глубина около 16 м. В придонном горизонте озера зафиксированы стабильно высокие количества сульфидов: 438-577 мг/л. Стратифицированная структура Бухты Биофильтров обнаружена недавно, более подробные исследования были начаты только в 2019 г., хотя первые сведения о наличии расслоения были получены в июле 2013 г. (концентрация сероводорода на глубине 4 м составляла 10 мг/л), а в марте 2021 и 2022 гг. его концентрации в придонном слое определены на глубине 14 м – 22 и 48 мг/л соответственно. В настоящее время исследования этих водоемов продолжаются.

*\*Галина Николаевна Лосюк: glosyuk@yandex.ru*

## МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА РЕЛИКТОВЫХ ОЗЕР КРИВОЕ И КРУГЛОЕ

А.А. Максимов\*, Н.А. Березина

*Зоологический институт РАН*

Озера Кривое и Круглое расположены на берегу Белого моря в непосредственной близости от Беломорской биологической станции Зоологического института Российской академии наук. Оба озера пресноводные, но сильно различаются по морфометрии и степени гумификации воды. Положение озер рядом с биостанцией способствовало их интенсивному изучению. Первые гидробиологические исследования здесь были проведены в 1968-1969 гг. в рамках Международной биологической программы. Цель работы – выявление изменений, произошедших в макрозообентосе со времени проведения первых исследований на этих водоемах. В связи с этим в 2019-2020 гг. нами были выполнены сборы макрозообентоса по той же сетке станций, которая использовалась в 1960-е гг. Как и 50 лет назад исследования проводили в период открытой воды. Было сделано восемь съемок: в июне, июле, августе и сентябре 2019 и 2020 г. Выявлено существенное различие в многолетней динамике донных сообществ в исследованных озерах. В оз. Кривое донные сообщества в 1960-е гг. отличались, в целом, более низким уровнем количественного развития, по сравнению с настоящим временем. Биомасса макрозообентоса к 2000-м гг. увеличилась в два раза, главным образом за счет двустворчатых моллюсков, распространенных в литоральной зоне, доля которых в биомассе бентоса возросла с 15 до 29%. Значение амфипод, напротив, снизилось с 40% в 1960-х гг., до 19% в 2000-х гг. В оз. Круглое отмечена противоположная тенденция. В отличие от оз. Кривое, за прошедшие 50 лет количество моллюсков уменьшилось в 2-3 раза, что привело к заметному снижению общей биомассы макрозообентоса. Произошедшие изменения, по-видимому, связаны с потеплением климата, особенно выраженном в зимний период. Исследования 1960-х гг. пришлось на период экстремально холодных зим, когда на ближайшей метеостанции отмечались самые низкие за более чем вековой период наблюдений температуры воздуха. Известно, что в северных широтах степень суровости зимы и развития снежного покрова являются основными факторами, контролирующими вынос

органических и минеральных веществ. Увеличение поступления органических и биогенных веществ с водосбора вследствие потепления климата благоприятствует развитию бентоса в озере Кривое (прежде всего моллюсков-фильтраторов), по-видимому, за исключением амфипод, представленных преимущественно холодолюбивыми ледниковыми реликтами. Отсутствие аналогичной тенденции к увеличению количественных характеристик бентических сообществ в оз. Круглое, очевидно, связано с более сильной гумификацией этого водоема. В данной ситуации дополнительный приток окрашенных органических веществ с заболоченного водосбора ведет к ухудшению световых условий для фотосинтеза, снижая первичную продукцию и, соответственно, ухудшая условия питания донных животных. Результаты показывают, что даже близкорасположенные водоемы могут по-разному реагировать на изменения климата.

*\*Алексей Александрович Максимов: alexeymaximov@mail.ru*

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЕСКИШЕЧНЫХ ЧЕРВЕЙ СИБОГЛИНИД (SIBOGLINIDAE, ANNELIDA) В МОРЯХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ В СВЯЗИ С ИХ УГЛЕВОДОРОДНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ**

**В.В. Малахов\*, Н.П. Карасева, Н.Н. Римская-Корсакова**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных*

Сибоглиниды – бескишечные кольчатые черви, жизнедеятельность которых целиком обеспечивается метан- или сульфидоокисляющими эндосимбиотическими бактериями. Благодаря анаэробному окислению метана в толще осадка формируется поток сероводорода, обеспечивающий жизнедеятельность сибоглинид с сульфидоокисляющими симбионтами. В итоге оказывается, что сибоглиниды служат индикаторами метановых просачиваний независимо от того, какой тип симбиотических бактерий они содержат – метан-окиляющих или сульфидоокисляющих. В водах российского сектора Арктики известно 120 находок

Siboglinidae, принадлежащих к 15 видам. При этом 49,2% находок сделано в Баренцевом море, 37,5% – в море Лаптевых, 3,3% – в Карском море, 1,7% – в Восточно-Сибирском море, 8,3% – в Арктическом бассейне. В Чукотском море сибоглиниды пока не обнаружены. Большинство находок сибоглинид в Баренцевом море связано с крупнейшими газовыми месторождениями, такими как Штокманоское, Ледовое, Лудловское и другими районами перспективных залежей нефти и газа. Большинство находок сибоглинид в других районах Арктики связано с краевыми районами донных газогидратов. Сибоглиниды обнаружены в приустьевых районах великих рек российского сектора Арктики, таких как Енисей и Лена, а также реки Маккензи канадского сектора Арктики. Обнаружение сибоглинид в приустьевых районах великих рек Арктики связано с потоками метана, возникающими при деградации затопленных морем многолетнемерзлых толщ под влиянием речного стока.

*\*Владимир Васильевич Малахов: vmalakhov@inbox.ru*

**ВЕРХУШКА РОСТА СТОЛОНА У ГИДРОИДА  
*DYNAMENA PUMILA* (L., 1758), КАК ДЕТЕКТОР ФУНКЦИОНАЛЬНОГО  
СОСТОЯНИЯ КОЛОНИАЛЬНОГО ОРГАНИЗМА**

**Н.Н. Марфенин\*, В.С. Дементьев**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический  
факультет, кафедра зоологии беспозвоночных*

Поперечные пульсации тела – характерная особенность функционирования колониальных гидроидов. Пульсируют гидранты и общеколониальное тело (ценосарк). Терминальные части ценосарка образуют верхушки роста (ВР) столонов и побегов. В них пульсации наиболее выражены апикально, т.е. продольно по оси столон или побега. Пульсации регулярны, и могут быть описаны несколькими параметрами. Частота пульсаций (период) – видоспецифичный признак, зависящий от температуры среды. RGP – период пульсаций верхушки роста. Регулярность

пульсаций – признак нормального состояния колониального организма, а чередование различающихся между собой периодов свидетельствует о разбалансировке функционирования организма, которая происходит при изменении факторов среды. Амплитуда пульсаций – полифункциональный показатель, зависящий одновременно и от интенсивности питания, и от интенсивности общеколониального прироста, а также от температуры и солености воды. Эти зависимости до сих пор недостаточно изучены. При голодании ценосарк истончается и амплитуда его пульсаций становится меньше. AGR – амплитуда пульсаций верхушки роста. Прирост ВР за один цикл пульсаций (mgr) лучше других показателей отражает степень благоприятности условий существования и сбалансированности организма (соотношение между количеством получаемой пищи и скоростью роста). Доля покоя ((0) GP %) в пульсациях ВР дает представление об активности пульсаций, т.е. доле времени, при котором ВР находится в неподвижном и подвижном состояниях. Обычно после питания ((0) GP %) минимальна, а спустя 10-20 часов – максимальна. Показатели пульсаций ценосарка, и особенно в апикальной области ВР, весьма информативны. В них, как в кардиограммах, множество признаков, которые до сих пор остаются почти неизученными. К таким частным показателям относятся: доля покоя в фазе выпячивания ВР; скорости выпячивания и сокращения ВР; промежуточные пики между основными; ступенчатость кривой выпячивания и др. Регистрация РП в настоящее время производится с помощью цейтраферной микровидеосъемки и последующей расшифровки полученных первичных данных – видеозаписей. Эта методика нуждается в недорогом оборудовании, но значительном времени на расшифровку данных. Было показано, что расшифровку ростовых пульсаций можно автоматизировать. Привлекательность метода заключается в том, что первичные данные о пульсации ВР можно получить без специального оборудования, вручную производя измерения через регулярные отрезки времени положения ВР под микроскопом. Это значительно расширяет возможности использования регистрации пульсаций верхушек роста столона у гидроидов для мониторинга функционального состояния колониального организма.

Исследование поддержано грантом РФФИ №122012700112-5 2022-2023.

*\*Николай Николаевич Марфенин: marf47@mail.ru*

**МОМЕНТАЛЬНАЯ И ПРОЛОНГИРОВАННАЯ РЕАКЦИЯ  
КОЛОНИАЛЬНОГО ГИДРОИДА *DYNAMENA PUMILA* (L., 1758) НА  
ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ МОРСКОЙ ВОДЫ**

**Н.Н. Марфенин\*, В.С. Дементьев, Е.В. Николаев**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных*

В связи с глобальным потеплением климата особое значение приобретают знания о верхних температурных пределах видов. Таких данных пока мало, особенно относительно морских беспозвоночных. В июне-июле 2022 г. мы изучили в лаборатории реакцию колониального гидроида *Dynamena pumila* (L., 1758) на повышение температуры морской воды с +14°С до +25°С. *D. pumila* высокобореальный вид, обитающий на границе нижней литорали и верхней сублиторали в Белом, Баренцевом морях и в Северной Атлантике вдоль побережий Европы и Северной Америки. Этот вид многократно использовался в различных исследованиях по экспериментальной зоологии и эмбриологии. Его культивирование отработано. Основная цель нашего исследования состояла в определении способности колоний *D. pumila* к адаптации к температуре +25°С в течение нескольких суток с учетом их индивидуальной реакции на повышение температуры. Для проведения эксперимента мы выращивали колонии из отдельных побегов, приросших новообразованными столонами к предметным стеклам. Реакцию колоний на повышение температуры воды мы определяли, используя показатели: скорости роста столонов, роста побегов, периода и амплитуды пульсаций ценосарка столонов, скорости перемещения частиц в столонах. При быстром повышении температуры воды до +25°С происходит почти моментальная (в течение одного-двух часов) увеличение частоты пульсаций ценосарка примерно вдвое и уменьшения амплитуды пульсаций примерно втрое, а спустя сутки происходит торможение роста столонов и прекращение роста некоторых побегов вплоть до полной остановки. В течение последующих четырех суток рост столонов и побегов не восстанавливается, хотя частота и амплитуда пульсации ценосарка столона постепенно нормализуются, но не во всех колониях. На основании полученных результатов сделаны выводы: об адекватности использования экспресс-метода определения функционального

состояния колоний по показателям пульсаций ценосарка и об отсутствии признаков адаптации колоний *D. pumila* к температуре +25° С.

Исследование поддержано грантом РФФ №122012700112-5 2022-2023.

\**Николай Николаевич Марфенин: marf47@mail.ru*

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА СМЕШАННЫХ  
ПОСЕЛЕНИЙ МИДИЙ *MYTILUS EDULIS* И *M. TROSSULUS* (ГУБА ТЮВА,  
КОЛЬСКИЙ ЗАЛИВ, БАРЕНЦЕВО МОРЕ)**

**Ю.Т. Марченко<sup>1</sup> \*, В.М. Хайтов<sup>1,2</sup>, М.В. Католикова<sup>3</sup>,  
С.С. Малавенда<sup>4</sup>, П.П. Стрелков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет;

<sup>2</sup> ФГБУ Кандалакшский государственный природный заповедник;

<sup>3</sup> Мурманский морской биологический институт РАН;

<sup>4</sup> Мурманский государственный технический университет

Двустворчатые моллюски мидии *Mytilus* широко распространены в водах северной Атлантики и сопредельных арктических морей. В фокусе нашего внимания – популяции мидий баренцевоморского побережья Кольского полуострова, также известного как Мурман. Современные представления о поселениях мидий Мурмана базируются на данных прошлого века. Основа знаний о биотопическом распределении мидий была заложена в исследованиях Мурманской биологической станции 1920-х гг.; об обилии мидий – в количественных учетах ПИНРО и ВНИРО 1960-1980-х гг. С тех пор изменились климат и представления о таксономии баренцевоморских мидий. Помимо аборигенного вида *Mytilus edulis* (далее, МЕ), был отмечен инвазивный вид *M. trossulus* (МТ), а также гибриды между МЕ и МТ. Считается, что МТ проник в Кольский залив из Западной Атлантики в середине 20 века (Väinölä, Strelkov, 2011). В данной работе мы впервые характеризуем современное состояние поселений мидий Мурмана с учетом их таксономической гетерогенности. Полигон исследования – губа Тюва, расположенная в северной

части Кольского залива. В 2009-2010 гг. мидий собирали на семи вертикальных разрезах (от +2 до -3.5 м). Разрезы закладывали таким образом, чтобы охватить основные местообитания мидий. В каждом поселении определяли ряд демографических параметров (численность, биомасса, размерно-возрастная структура). Таксономический состав поселений (частота МТ) определялся морфологическим методом (Khaitov et al., 2021). Также в каждой точке сбора определялись параметры среды, которые считаются наиболее важными для мидий: расстояние от реки, тип субстрата и т.д. (Seed, Suchanek, 1992). Статистические связи между описанными факторами выявляли с помощью подходов регрессионного анализа и методов многомерной статистики. Данные о средней биомассе мидий в Тюве, и, в дополнение, из двух других точек (губа Климовка и губа Долгая, сборы 2009 г.) использовались для анализа исторической динамики. Местообитаниями мидий в Тюве являются каменистые литорали, песчаные отмели, мидиевая банка в устье реки и сублиторальные сообщества ламинариевых водорослей. Примечательно, что в прошлом веке мидий в последнем местообитании не отмечали, что заставляет предполагать их недавнюю экспансию в заросли ламинарий. Пространственные градиенты, объясняющие изменчивость демографических параметров поселений, связаны с глубиной и расстоянием от реки. Основным, но не единственным фактором сегрегации видов, служит глубина обитания: МЕ более сублиторальный вид, МТ – более литоральный. Согласно данным ПИНРО, в начале 1960-х мидий в Тюве, как, по-видимому, на всем побережье, было на порядок больше, чем сегодня. Сокращение обилия совпало с похолоданием климата в 1960-е гг. С тех пор популяции полностью не восстановились, несмотря на текущее потепление климата. Мы формулируем гипотезу, одновременно объясняющую экспансию мидий в заросли ламинарий и слабую реакцию их поселений на потепление климата. Инвазивный вид вытеснил МЕ в субоптимальное местообитание, заросли ламинарии. Конкуренция и гибридизация между видами негативно сказывается на их приспособленности, ограничивая потенциал их популяций к росту.

Более подробно с результатами данного исследования можно ознакомиться в работе Marchenko et. al, 2023 ([doi.org/10.3389/fmars.2023.1146527](https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1146527)).

Исследование выполнено при поддержке РФФ № 19-74-20024.

\*Юлия Тиграновна Марченко: [yuliya1992gridina@mail.ru](mailto:yuliya1992gridina@mail.ru)

## КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАПОВЕДНИК. ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ КУРСОМ ИЛИ МЕСТО ЗАПОВЕДНИКОВ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ

А.В. Марченков\*

*ФГБУ Кандалакшский государственный природный заповедник*

Научная деятельность Кандалакшского заповедника исторически неразрывно связана с биологической станцией МГУ в Пояконде. И там и там ведется научная работа, проходят подготовку молодые специалисты. Насколько успешен здесь оказался заповедник? Заповедник был создан для сохранения гаги. Рассматривался как полигон, на котором отрабатывалась методика ее содержания для последующей передачи рекомендаций в народное хозяйство. Затем научные исследования проводились по различным направлениям, хотя приоритет всегда оставался за орнитологией. Изучались паразитофауна гаги, биология отдельных видов трематод, эколого-паразитические связи на литорали. Гидробиологические исследования проводились для исследования трофических связей гаги с комплексом литоральных беспозвоночных, являющихся кормовой базой гаги. Ботанические исследования много внимания уделяли флористическим и геоботаническим направлениям. В заповеднике один из крупнейших среди заповедников гербариев сосудистых растений. Исследования в других областях проводились нерегулярно, за исключением мониторинга мышевидных грызунов, что обусловлено контролем природных очагов туляремии. Заповедник был «кузницей» научных кадров – здесь проходили практику и проводили исследования студенты-биологи, приезжали группы юннатов. Результаты научной деятельности заповедника представлены в Летописи природы, научных публикациях, серии Трудов Кандалакшского заповедника, докладывались на совещаниях, семинарах и конференциях. Проведена оценка научной деятельности заповедника по публикационной активности. 60 % публикаций посвящено орнитологии, на втором месте находятся гидробиология и ботаника (11 % и 10 % соответственно). Пики научной активности заповедника приходятся на середину восьмидесятых годов прошлого века (122 публикации) и начало двухтысячных (172 публикации). Последний – более мощный, что связано с надеждами на перемены, открытием границ и развитием контактов с зарубежными коллегами. После 2005 года отмечается снижение научной активности, особенно резкое после 2015 года. В настоящее время научная работа в заповеднике сводится к

сбору стандартизированной полевой информации по стандартным методикам и оцифровке ранее собранной информации, что не требует участия квалифицированного научного персонала. Основными определяющими факторами такой ситуации стали:

- Ежегодное снижение финансирования заповедников с начала 2000-х годов
- Устаревшая материально-техническая база
- Комплекс проблем с научным штатом, в том числе отсутствие смены: молодежь идет на работу в научный отдел неохотно, поскольку нет перспектив.

Внешне в заповеднике еще сохраняется какая-то видимость научной жизни, ее реальная деятельность практически прекратилось. Надежд на возрождение заповедной науки нет, т.к. для этого нужны кардинальные изменения в заповедной системе в целом и не в направлении развития на заповедных территориях экологического туризма, как это происходит сейчас.

\**Андрей Васильевич Марченков: mav\_mail@mail.ru*

## **МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПАРАЗИТО-ХОЗЯИННОЙ СИСТЕМЕ МЕТАЦЕРКАРИИ *DIPLOSTOMUM SP.* И МИНОГИ *LAMPETRA FLUVIATILIS***

**Д.А. Матач<sup>1,\*</sup>, А.Д. Лянгузова<sup>1,2</sup>, Н.В. Полякова<sup>3</sup>, Н.А. Арбузова<sup>1,2</sup>,  
Д.Ю. Крупенко<sup>1</sup>, А.А. Миролюбов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет,  
биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных;*

<sup>2</sup> *Зоологический институт РАН,  
лаборатория по изучению паразитических червей и протистов;*

<sup>3</sup> *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН  
лаборатория поведения низших позвоночных*

Успех трансмиссии паразита может обеспечиваться воздействием на поведение хозяина. Оно может реализовываться разными способами. Например,

распространенным механизмом является секреция паразитом определенных веществ, выполняющих функцию нейромодуляторов и гормонов. Еще один механизм связан с патологическими изменениями, вызываемыми паразитом в определенных тканях хозяина. Метацеркарии дигеней рода *Diplostomum*, как правило, локализуются в центральной нервной системе и глазном яблоке своих промежуточных хозяев – рыб. Такое расположение может быть предпосылкой для развития манипуляции хозяином, что способствует увеличению шанса трансмиссии – попадания в организм окончательного хозяина. Метацеркарии *Diplostomum* sp. также встречаются в желудочковой системе мозга речных миног *Lampetra fluviatilis*. При этом исследований, посвященных возможному влиянию паразита на организм хозяина, не проводилось. В данной работе впервые было охарактеризовано взаимодействие между метацеркариями *Diplostomum* sp. и нервной системой *L. fluviatilis* на морфологическом уровне. Мы произвели вскрытия фиксированных личинок миноги и дополнили полученные данные результатами компьютерной микротомографии. Метацеркарии в желудочковой системе мозга хозяина распределены неравномерно. Большинство личинок было сконцентрировано в желудочке среднего мозга и IV желудочке. Проведенный на основании данных вскрытий дисперсионный анализ показал, что достоверно большее количество метацеркарий локализовано в IV желудочке. Покрывающий метацеркарий тегумент обладает секреторной активностью и может участвовать в воздействии на хозяина. Пластика тегумента заполнена везикулами минимум трех типов. Это согласуется с результатами, полученными для других представителей рода *Diplostomum*, локализованных как в нервной системе, так и в хрусталике глаза рыб. Ультраструктурное исследование показало незначительное механическое повреждение эпэндимы, но повреждений нервной ткани обнаружено не было. Результаты работы не позволяют сделать однозначных выводов о том, что феномен манипуляции присутствует в изучаемой паразито-хозяинной системе. В пользу этого предположения может говорить преимущественное расположение метацеркарий в IV желудочке мозга. Оно может указывать на специфическое влияние паразита на нервные центры продолговатого мозга. Влияние может осуществляться за счет наблюдавшейся секреторной активности тегумента. Однако неравномерность распределения может быть связана с большим объемом IV желудочка, а ультраструктура тегумента сходна у изученных метацеркарий и метацеркарий с иной локализацией. Кроме того, патологических изменений нервной ткани

обнаружено не было. Учитывая, что для метацеркарий *Diplostomum* характерно паразитирование в иммунопривилегированных органах, возможно альтернативное объяснение. Можно предположить, что расположение в желудочковой системе связано с избеганием иммунного ответа хозяина. Поставить точку в этом вопросе смогут дальнейшие иммуногистохимические и поведенческие исследования.

\*Дмитрий Александрович Матач: [dmitriy.m2705@gmail.com](mailto:dmitriy.m2705@gmail.com)

## ПОЛОВОЙ ПРОЦЕСС ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ DINOPHILIFORMIA С РАЗНЫМИ СТРАТЕГИЯМИ РАЗМНОЖЕНИЯ

Е.П. Матвеева<sup>1,2,\*</sup>, Е.Г. Фофанова<sup>2</sup>, Е.Е. Воронежская<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

<sup>2</sup> Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН

Аннелиды обладают огромным разнообразием планов строения и жизненных циклов. Считается, что способ полового размножения каждой группы приспособлен к экологическим условиям ее обитания. Большой интерес в этом отношении представляет группа Dinophiliformia. У *Dinophilus vorticocides* половой диморфизм не выражен, в популяции представлены оба пола. У *Dimorphilus gyrociliatus* карликовые самцы развиваются в одной кладке вместе с самками и умирают вскоре после копуляции, в результате популяция состоит только из самок. Целью нашей работы было выяснить, как разные стратегии размножения отражаются на прохождении сперматогенеза и процессе копуляции у близкородственных видов динофилид: *Dimorphilus gyrociliatus* и *Dinophilus vorticocides*. Мы использовали методы маркирования границ клеток и мышечных элементов фаллоидином, иммунохимическое выявление ресничных элементов, маркирование хроматина метиленовым зеленым и DAPI. На стадии ранней трохофоры у самцов *D. gyrociliatus*, вместе с началом формирования мышечных элементов наблюдается скопление ядер с конденсированным хроматином в середине тела. Затем в каждой

такой клетке наблюдается формирование актинового кольца, а позже и реснички, что позволяет считать эти клетки будущими сперматозоидами. Ресничка появляется сначала у сперматогониев, потом пропадает и появляется снова у сперматозоидов, ядра которых приобретают вытянутую форму. Семенник окружен мышечным каркасом, на стадии поздней трохофоры формируется копулятивный орган. Копуляция *D. gyrociliatus* происходит на поздних стадиях развития, самец плотно прижимается к самке в кладке, мышечные структуры и сперматозоиды обнаруживаются в теле самки. В момент копуляции в теле самки выявляется дополнительная мышечная структура, возможно, это непарная сигмовидная мышца самки или часть копулятивного органа самца. У *D. vorticoides* сперматогенез наблюдается только у взрослых особей в парных семенниках. Зрелые сперматозоиды имеют вытянутую головку и изогнутый жгутик. У копулирующих самок *D. vorticoides* также наблюдается дополнительная крупная мышечная структура. У самцов при копуляции меняется форма копулятивного органа – предположительно происходит сокращение семенных мешков, а копулятивные стилеты выдвигаются вперед. Таким образом, у двух видов динофилид процесс сперматогенеза принципиально различается, у *D. gyrociliatus* сперматозоиды начинают формироваться гораздо раньше, еще в эмбриональном периоде. Мы полагаем, что самец *D. gyrociliatus* использует семенной материал только единожды, самка копулирует с одним самцом. У родственного вида *D. vorticoides* одна самка может копулировать с несколькими самцами одновременно. Выявленные изменения полового процесса у *D. gyrociliatus*, предположительно, являются адаптацией к низкой плотности популяции.

Авторы выражают благодарность Центрам коллективного пользования ИБР РАН и ББС МГУ, с использованием оборудования которых проводилось исследование.

\*Екатерина Петровна Матвейчева: [matveich\\_eva@hotmail.com](mailto:matveich_eva@hotmail.com)

## ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ТКАНЕВОЙ ДИНАМИКИ ГУБОК

Н.П. Мельников<sup>1</sup> \*, А.И. Лавров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных;*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова*

Тип Porifera, или губки – одна из наиболее эволюционно древних групп многоклеточных животных. Губки отличаются уникальной пластичностью тканей, демонстрируя широкие способности к возобновлению тканей, перестройке внутренних структур и регенерации. Основой для этих процессов служит активная пролиферация клеток. Предыдущие исследования показали, что основной фракцией пролиферирующих клеток губок являются пищедобывающие клетки, хоаноциты. Тем не менее, динамика пролиферации хоаноцитов долгое время оставалась дискуссионным вопросом. Целью данной работы была разработка метода для описания характеристик клеточного цикла хоаноцитов беломорских губок *Halisarca dujardini* (Demospongiae) и *Leucosolenia corallorrhiza* (Calcarea). Основой метода послужила математическая модель Сандерса, использующая оценку пролиферирующего пула (всей совокупности пролиферирующих клеток) и скорость вхождения клеток в S-фазу для расчета точной длительности клеточного цикла. Оценка пролиферирующего пула хоаноцитов была получена через синхронизацию клеток в S-фазе клеточного цикла с помощью обратимого ингибитора ДНК-полимеразы, афидиколина. Синхронизированные клетки выявляли с помощью инкубации в меченых нуклеотидах EdU. Пролиферирующий пул составил порядка 40 % от общего числа хоаноцитов у *H. dujardini* и 60 % – у *L. corallorrhiza*. Исследование длительности G2-фазы хоаноцитов было проведено методом анализа динамики включения EdU в митотические клетки, выявляемые антителами к фосфорилированному гистону 3. Хоаноциты показали значительную гетерогенность в длине G2- фазы, которая варьировала от 6 до 21 часа; при этом, ориентация митотических веретен указывала на симметричный характер деления хоаноцитов. Скорость вхождения хоаноцитов в S-фазу была исследована с помощью различного времени инкубации в EdU. Доля входящих в S-фазу хоаноцитов за час

инкубации составила  $0,8 \pm 0,3\%$  у *H. dujardinii* и  $0,9 \pm 0,1\%$  у *L. corallorrhiza*. Совместив полученные значения динамики накопления меченых клеток и оценки пролиферирующего пула, мы рассчитали длительность клеточного цикла хоаноцитов у исследуемых губок:  $40,3 \pm 16,9$  ч. у *H. dujardinii* и  $58,7 \pm 24,7$  ч. у *L. corallorrhiza*. Для количественного анализа полученных данных был разработан алгоритм полностью автоматического обсчета конфокальных Z-стэков с применением сверточных нейронных сетей на базе Python 3.9. Клеточные ядра были сегментированы с помощью нейронной сети StarDist3D, предназначенной для трехмерной сегментации близко расположенных объектов; это позволило эффективно разделять тесно упакованные ядра хоаноцитов. Для выделения EdU-положительных клеток и хоанодермы были обучены оригинальные нейронные сети типа UNet. Разработанный алгоритм значительно оптимизировал процесс анализа данных с сохранением точности, близкой к ручному обсчету.

Работа поддержана грантом РФФ № 23-74-10005.

\**Николай Петрович Мельников: nptelnikoff@gmail.com*

## МАКРОВОДОРОСЛИ УНСКОЙ ГУБЫ БЕЛОГО МОРЯ

**Т.А. Михайлова<sup>1</sup>\*, В.В. Халаман<sup>2</sup>, Н.В. Усов<sup>2</sup>, П.А. Футоран<sup>3</sup>, А.А. Сухотин<sup>2</sup>,  
С.Д. Иванов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Ботанический институт РАН;*

<sup>2</sup> *Зоологический институт РАН;*

<sup>3</sup> *ФГБУ «Национальный парк Кенозерский»*

Несмотря на давнюю историю изучения альгофлоры Белого моря (Постельс, Рупрехт, 1840; Гоби, 1878; Е. Зинова, 1921-1929; А. Зинова, 1950; Калугина, 1958; Возжинская, 1980), далеко не все его участки изучены в достаточной степени. Наиболее детально была исследована флора водорослей районов расположения биологических станций. Сведения по альгофлоре Унской губы Двинского залива

можно почерпнуть только в работах почти столетней давности, в которых Е.С. Зинова отмечала для этого района 40 видов макроводорослей: 5 зеленых, 16 бурых и 19 красных. Экспедиция на НИС «Профессор Кузнецов» в период с 18 по 21 июня 2022 г. позволила собрать новый материал, касающийся флористического состава этой акватории. К гидрологическим особенностям Унской губы можно отнести снижение солености от типичной беломорской 24-25 ‰ в мористой части губы до практически полного опреснения в кустовой, а также значительное повышение в этом же направлении мутности воды с 13 до 130 RFU и выше. Материал был собран с берега в двух точках: у входа в губу в поселке Пертоминск (соленость 17,6 ‰) и в центральной части губы у мыса Острый Наволок (соленость 13,6 ‰). В районе Пертоминска было обнаружено 48 видов: 17 зеленых, 15 бурых и 16 красных. Из них на редких камнях песчаной литорали найдено 15 видов, 4 из которых, скорее всего, были занесены и запутались среди других водорослей; в обрастании пирса отмечено 3 вида; в выбросах найден 21 вид; плавающими в воде найдено 37 видов водорослей. В районе м. Острый Наволок было обнаружено 23 вида: 10 зеленых, 10 бурых и 3 красных. Из них в литоральной зоне найдено 17 видов, в верхней части сублиторальной зоны – 18 видов. Всего отмечено 54 вида макроводорослей: 19 зеленых, 18 бурых и 17 красных. Идентификация 10 видов подтверждена молекулярными методами. Современное исследование позволило дополнить список водорослей Унской губы на 30 новых видов: 15 зеленых, 7 бурых и 8 красных. Е.С. Зиновой было отмечено 16 видов (1 зеленых, 5 бурых и 10 красных), не встретившихся при нашей съемке, но которые, вероятно, могут быть найдены при тщательном обследовании сублиторальной зоны. Интересен факт отсутствия в наших сборах ранее отмеченного крупного фукоида *Ascophyllum nodosum*, который, даже если не растет на литорали, то, как правило, встречается в выбросах. Таким образом, обобщенный список макроводорослей включает 70 видов: 20 зеленых, 23 бурых и 27 красных. Несмотря на большой исторический разрыв в исследованиях водорослей Унской губы, нельзя говорить об изменении макрофитобентоса данного района. Подобные выводы были бы возможны только на основе мониторинга и, более того, предпочтительнее с изучением не только флоры, но и растительности с учетом обилия видов. Тем не менее, надо отметить, что флористические исследования участков, для которых характерны факторы среды,

так или иначе лимитирующие распространение типичных беломорских обитателей, существенно расширяют представление об экологических особенностях, населяющих эти участки видов.

\*Татьяна Александровна Михайлова: [TMikhaylova@binran.ru](mailto:TMikhaylova@binran.ru)

**МАЛЕНЬКИЕ СЛИЗНИ СО СЛОЖНОЙ ИСТОРИЕЙ:  
К ВОПРОСУ О ВИДОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ  
БЕЛОМОРСКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *ASPERSPINA***

**А.Л. Михлина<sup>1</sup> \*, И.А. Екимова<sup>2</sup>, Т.В. Неретина<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова;*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных*

Одними из ярких и успешных представителей морской интерстициальной фауны являются брюхоногие моллюски надотряда Acochliidiomorpha (Gastropoda: Heterobranchia): из 47 ныне описанных видов надотряда для 34 указана морская среда обитания. Для Белого моря ранее неоднократно было показано присутствие в сублиторали интерстициальных брюхоногих моллюсков вида *Hedylopsis spiculifera* (Kowalevsky, 1901). Однако, при ближайшем рассмотрении оказалось, что эти моллюски принадлежат к другому роду акохлиид — *Asperspina* Rankin, 1979. Более того, предварительные исследования показали, что в Белом море обитает не один, а два вида *Asperspina*, потенциально новых для науки. Однако, установить точно видовую принадлежность беломорских акохлиид не представлялось возможным из-за разрозненности морфологических и генетических данных по различным представителям данного рода. По предварительным данным молекулярно-филогенетического анализа беломорские *Asperspina* являются близкородственными виду *Asperspina brambelii* (Swedmark, 1968), описанному из

Ирландского моря и не встречающемуся в арктическом регионе. При этом беломорские представители отличаются от *A. brambelii* по внешней морфологии и строению радулы. Для арктического региона известен лишь вид *Asperspina turmanica* (Kudinskaya & Minichev, 1978), обитающий в Баренцевом море на средней и нижней литорали. В пользу конспецифичности беломорских и баренцевоморских акохлидид говорит сходство строения этих моллюсков. Однако различия в экологии являются аргументом против: беломорские моллюски сублиторальные, а баренцевоморские – литоральные. Помимо этого, для вида *A. turmanica* отсутствуют генетические данные. Настоящая работа направлена на уточнение видовой принадлежности беломорских представителей рода *Asperspina*. В работе применялись методы световой, сканирующей электронной микроскопии, а также построение трехмерных реконструкций по серии полутонких срезов. Также были проведены исследования с использованием молекулярно-филогенетических методов.

Исследование выполнено в рамках научных проектов государственного задания МГУ № 121032500077-8 и № 122012100155-8 и при поддержке РФФ, проект № 21-14-20018.

\**Анна Леонидовна Михлина: mikhleanna@gmail.com*

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОКРАСКИ ВЗРОСЛОЙ ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ  
*GASTEROSTEUS ACULEATUS* L. В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ  
КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ**

**Е.В. Надточий<sup>1</sup>, \*, Т.С. Иванова<sup>1</sup>, М.В. Иванов<sup>1</sup>, Д.Л. Лайус<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет;*

<sup>2</sup> *Независимый исследователь*

Окраска рыб связана с рядом факторов. Криптическая окраска позволяет рыбам сливаться с фоном, что нужно как хищникам, чтобы их не замечали жертвы (щука,

окунь), так и жертвам, чтобы избегать хищников (пескарь, ерш). Брачная окраска привлекает особей противоположного пола в период размножения (лососевые, карповые). Окраска также может меняться с возрастом в связи с изменением условия обитания: от яркой и пестрой у молоди до криптической пелагической у взрослых особей во время нагула (лососевые). У трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus*, которая является популярным модельным объектом в эволюционных и поведенческих исследованиях, появление и изменчивость брачной окраски, ее роль в выборе половых партнеров детально изучены. Однако большинство работ посвящено пресноводным или анадромным популяциям этого вида из водоемов и водотоков Европы, Восточной Азии и Северной Америки, а морские популяции (т.е. не только нагуливающиеся, но и нерестящиеся в море), изучены в этом отношении гораздо слабее. В Белом море морская форма трехиглой колюшки является массовым видом рыб, играющим существенную роль в трофических цепях водоема, поэтому важно изучать различные аспекты ее биологии, в частности внутрипопуляционную гетерогенность окраски особей и ее изменчивость во времени. Цель данной работы – сравнительное изучение динамики окраски взрослых колюшек на разных стадиях нереста: начало нерестового сезона (первая декада июня); середина нерестового сезона (вторая декада июня); окончание массового нереста (третья-четвертая декада июня). Лов рыб проводился равнокрылым неводом с размерами 7 x 1,5 м в губе Сельдяная Кандалакшского залива в июне 2023 года. Все рыбы фотографировались для последующего определения стандартной длины (SL) и окраски рыб в цветовом пространстве CIE Lab. Во избежание бликов и глубоких теней фотосъемка проводилась в специальном фотобоксе с рассеянным светом внутри. Пол рыб определялся в лабораторных условиях при вскрытии. Окраску рыб изучали по 7 стандартным участкам на голове, передней и задней части спины, выбранным так, чтобы наиболее полно охватить все тело рыбы. Все фотографии проходили предварительную процедуру коррекции цвета и баланса белого в программах Adobe Lightroom и SpyderChekr 1.3. Дальнейший анализ изображений проходил в программе ImageJ с использованием плагина micaToolbox. Значения окраски описывали с помощью трех параметров: L – светлота, изменение от черного цвета (0) к белому (100), a\* – изменение от зеленого цвета (-100 ед.) к красному (100 ед.); b\* – изменение от синего цвета (-100 ед.) к желтому (100 ед.). Предварительные результаты показали наличие явного

полового диморфизма по окраске производителей. Самки по сравнению с самцами оказались более светлыми, также у них было выше значение параметра  $a^*$  практически по всем участкам. Для самцов оказалось примечательным то, что даже на стадии активного нереста лишь отдельные особи имели традиционный брачный наряд, т.е. ярко-красное брюшко и голубые глаза.

*\*Екатерина Викторовна Надточий: katty\_nadtochii@mail.ru*

**АРКТИЧЕСКИЕ ЭКОСИСТЕМЫ: НОВЫЕ ПОДХОДЫ  
К КУЛЬТИВИРОВАНИЮ И ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ,  
ОБУСЛАВЛИВАЮЩИХ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ  
К ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ ОБИТАНИЯ**

**П.А. Назаров\***

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
Институт физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского*

В последние несколько десятилетий интенсивное исследование биосферы привело к постоянным открытиям живых организмов в окружающей среде, которая ранее считалась непригодной для жизни. Это изменило наши представления об экосистемах и роли организмов в них, так как оказалось, что живые организмы выживают в суровых условиях окружающей среды. Одним из наиболее интересных аспектов является адаптация живых организмов к экстремальным условиям. Известны случаи обнаружения микроорганизмов под слоем льда, в гигантских кристаллах селенита, камней, криопэгах и различных рефугиумах. При этом многолетние льды Арктики, а также континентальные ледники и вечная мерзлота могут служить рефугиумами для большого количества микроорганизмов, которые могут сохранять в них ограниченную жизнеспособность длительное время. При этом очевидно, что попадание микроорганизма в экстремальные условия не обязательно приведет к его гибели. Для попавших в такие условия микроорганизмов открывается два принципиально разных сценария – колонизировать эту среду обитания или

выжить и дождаться момента, когда условия сменятся на более подходящие. При этом анализ микробиологического сообщества методами секвенирования нового поколения может приводить к получению колоссальных (по нашим оценкам до 75 %) ошибок в последовательностях геномов или отдельных генных кластерах, что может приводить к ошибкам в систематике и предсказанию функционирования белков у некультивируемых ранее организмов. Во время экспедиции на НЭС «Михаил Сомов» в рамках «Арктического Плавучего университета 2021» были проведены запланированные отборы проб с водоемов на островах архипелагов Новая Земля и Земля Франца-Иосифа, которые выращивались в условиях экспедиции. При этом, воссоздавая условия, при которых были отобраны образцы, содержащие живые клетки мы получили ранее некультивируемые микроорганизмы. Другим, подходом, использованным в нашей работе, является изучение процессов, происходящих в обычных мезофильных организмах, попадающих в экстремальные условия обитания, и изучение их ответа на такой стресс.

Работа была начата в рамках полярных экспедиций Арктического плавучего университета (2021 и 2022) и выполняется при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (грант 22-15-00099).

*\*Павел Александрович Назаров: nazarovpa@gmail.com*

**ВНУТРИВИДОВАЯ И МЕЖВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ  
МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ ДНК  
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ БЕЛОМОРСКОЙ БИОТЫ**

**Т.В. Неретина\*, М.А. Ежова, А.В. Безменова, Д.А. Кнорре, Г.Д. Колбасова**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова*

Последовательности митохондриальных генов являются важной информацией при описании новых таксонов эукариот, на информацию об этих последовательностях

опираются при построении моделей в популяционной генетике и экологии. В частности, последовательности фрагмента гена CO1 используются для так называемого «генетического баркодинга (ДНК-штрихкодирования)» животных, в том числе представителей морской фауны, и отслеживания динамики ее изменений. В последнее время все более активно развивается метод метабаркодинга. Метабаркодинг ДНК – это метод оценки биоразнообразия окружающей среды и сложных многокомпонентных образцов. Он имеет широкий спектр применений: мониторинг биоразнообразия, определение состава многокомпонентных смесей животного и растительного происхождения. Метабаркодингом, как правило, называют метагеномный анализ сообщества эукариот. Особенности наследования мтДНК могут оказывать сильное влияние на интерпретацию данных о митохондриальных последовательностях. При том, что подавляющее большинство эукариот передает потомкам мтДНК исключительно по линии одного из родителей, в некоторых случаях наблюдается отклонение от этого правила. Примером таких организмов могут быть некоторые грибы или двустворчатые моллюски с двойным монородительским наследованием мтДНК. Кроме того, в природе довольно распространены случаи интрогрессии – захвата мтДНК одного вида другим видом. Фундаментальной научной проблемой, является поиск и изучение отклонений от монородительского наследования мтДНК и изучение причин и последствий митохондриальных интрогрессий в биоте Белого моря. При этом мы рассчитываем, что решение этих проблем, вне зависимости от конкретных выводов, позволит нам решить другую научную проблему – оптимизировать последовательности праймеров для метабаркодинга. Для этого мы секвенировали несколько полных митохондриальных геномов различных представителей беспозвоночных Белого моря, и это позволило нам выявить ряд интересных особенностей строения митогеномов представителей беломорской фауны, а так же получить новые данные о популяционной структуре ряда видов.

Исследование выполнено в рамках научных проектов государственного задания МГУ №121032500077-8 при поддержке гранта РФФИ №21-14-20018.

*\*Татьяна Владимировна Неретина: nertata@wsbs-msu.ru*

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О СПИКУЛОГЕНЕЗЕ ГОЛОЖАБЕРНЫХ МОЛЛЮСКОВ НА ПРИМЕРЕ *ONCHIDORIS MURICATA* БЕЛОГО МОРЯ

Е.Д. Никитенко<sup>1,\*</sup>, И.Е. Борисенко<sup>2</sup>, С.В. Кремнев<sup>3,4</sup>, Е.В. Ворцепнева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных;

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет,  
биологический факультет, кафедра эмбриологии;

<sup>3</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, кафедра эмбриологии;

<sup>4</sup> Институт биологии развития им Н.К.Кольцова РАН

Голожаберные моллюски (Nudibranchia) – группа безраковинных морских брюхоногих моллюсков (Gastropoda). Среди голожаберных моллюсков выделяют две группы – Cladobranchia и Doridina, строение которых принципиально отличается. Тело Cladobranchia с выростами – папиллами, в которые входят отростки пищеварительной железы. На апикальном конце папилл располагаются кнidosаки со стрекательными клетками стрекających, выполняющие защитную функцию. Doridina же имеют довольно плотные покровы, армированные кальцитовыми спикулами, которые выполняют защитную функцию. Морфология и ультратонкое строение спикул было изучено на примере *Onchidoris muricata* из Белого моря. Было показано, что спикулы доридин – уникальные образования. В отличие от эктодермальных спикул других моллюсков, они располагаются в субэпидермальном пространстве в вакуоле специализированной клетки – склероците на протяжении всей жизни моллюска. Такое субэпидермальное положение спикул больше напоминает спикулы других групп беспозвоночных, а именно иглокожих, губок и некоторых книдарий. Формирование спикул доридин происходит на ранних этапах постларвального развития после оседания и метаморфоза. Причем на ранних этапах спикулы мягкие – богаты органическими соединениями, в т.ч. коллагеном, которые в дальнейшем выполняют роль матрицы для минерализации спикул кальцитом. Особенности преобразования мягкой спикулы в твердую, время минерализации, участки минерализации и регуляция

всего процесса представляет особый интерес, в том числе для понимания процессов биоминерализации у беспозвоночных животных в целом. Целью данной работы было изучение и анализ молекулярных данных транскриптомов *Onchidoris muricata* для выявления генов-кандидатов, участвующих в минерализации и проведение *in-situ* гибридизации для проверки гипотезы о влиянии активности карбоангидразы на минерализацию спикул. Сбор *Onchidoris muricata* проводился вручную на Еремеевском пороге или легкоодолазным методом в окрестностях ББС МГУ им. Н.А. Перцова. Собранные моллюски были разделены на 3 группы по степени минерализации спикул. Первая группа – с мягкими органическими спикулами, вторая – с активным процессом минерализации, третья – с полностью минерализованными твердыми спикулами. Из трех полученных групп была выделена тотальная РНК для дальнейшего получения транскриптомных последовательностей. Данные были подготовлены к сборке с использованием программ Trimmomatic и FastQC. Сборка производилась при помощи пакета программного обеспечения Trinity. Полученные последовательности были проанализированы, сопоставлены с литературными данными для поиска вероятных генов минерализации. Также была проанализирована дифференциальная экспрессия генов в трех группах моллюсков. Для дальнейшего изучения методом *in-situ* гибридизации были выбраны гены карбоангидразы. Гибридизация проводилась на трех группах моллюсков. Всего было исследовано 120 особей. В результате сборки и анализа транскриптома было выявлено 48650 белок-кодирующих последовательностей. С помощью *in-situ* гибридизации были визуализированы области экспрессии генов карбоангидразы, что свидетельствует об ее активности. Процесс минерализации активно идет вдоль всех спикул у особей второй группы, что подтверждает морфологические данные о преобразовании спикул.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 21-14-00042.

\*Екатерина Дмитриевна Никитенко: [nikitenkocatia@yandex.ru](mailto:nikitenkocatia@yandex.ru)

# СПОСОБНОСТЬ ЗАРОСЛЕЙ ЛИТОРАЛЬНЫХ ФУКОИДОВ ПРЕДОХРАНЯТЬ ОБИТАЮЩИХ НА НИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЛЕТОМ ОТ ПЕРЕГРЕВА ПРИ ОСУШЕНИИ

Е.В. Николаев, Н.Н. Марфенин\*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Обитающие на литорали виды морских беспозвоночных будут более других подвержены воздействию повышения температуры при глобальном потеплении климата. Однако некоторые виды могут оказаться под защитой пояса водорослей в зоне нижней литорали. Мы попытались выяснить, насколько значима подобная защита. Для этого вблизи БС МГУ на Еремеевском пороге в июле 2023 г. в зоне массового обитания гидроидов вида *Dynamena pumila* на поверхности и в глубине зарослей бурых водорослей (*Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus*, *F. serratus*) были проведены измерения температуры воздуха и воды. Измерения температуры проводились термометрами двух видов: а) термолотгерами “Thermochron-Ревизор” фирмы «Элин»; б) электронным термометром с погружным щупом фирмы “Tetra” с погрешностью измерений  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . На выбранном участке на горизонте 0,55 м над условным нулем глубин в зарослях *A. nodosum*, *F. vesiculosus* и *F. serratus* при сизигийном отливе в теплый безветренный день 17.07.23 с 11:30 до 12:00 (через 2 часа после осушки водорослей) была термометром измерена температура: 1) воздуха на высоте 1,6 м относительно уровня литорали вблизи зарослей фукусов; 2) под верхними талломами (глубина погружения щупа термометра 1,5 см относительно поверхности зарослей); 3) у основания талломов тех же фукусов (глубина погружения щупа термометра 5 см относительно талломов на поверхности зарослей); 4) морской воды вблизи этих зарослей (щуп термометра удерживался на глубине 3 см относительно поверхности воды). Одновременно в течение нескольких часов провели измерения через каждые 15 мин двумя автоматизированными термолотгерами, которые разместили под верхними талломами водорослей на расстоянии 2,0-2,5 см от поверхности осушенных зарослей. При температуре воздуха  $22,4^{\circ}$  под верхними талломами фукусов температура была  $17,5^{\circ}$ - $18,6^{\circ}$ , у основания талломов фукусов  $14,8^{\circ}$ - $15,5^{\circ}$  при температуре воды  $14,3^{\circ}$ . Следовательно, осушенные во время отлива водоросли значительно ослабляют

нагрев летом обитающих на них видов. Даже под верхними талломами температура окружающей среды меньше на 3,8°-4,7° С, чем на поверхности, а в глубине зарослей меньше на 6,9°-7,6° С. Учитывая, что водоросли при осушении создают значительное затенение, а также дополнительное охлаждение за счет разницы температуры тела с температурой воздуха, и кроме того, испарения воды с поверхности талломов, можно сделать вывод, что виды, обитающие на *A. nodosum*, *F. vesiculosus* и *F. serratus* испытывают нагрев во время отлива менее, чем на 6,9-7,6° С, по сравнению с не обросшей макрофитами поверхностью обнаженного участка дна нижней литорали.

Исследование поддержано грантом РФФИ №122012700112-5 2022-2023.

\**Николай Николаевич Марфенин: marf47@mail.ru*

## **НОВЫЕ ИХТИОЛОГИЧЕСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА БОРЕАЛИЗАЦИИ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА АРКТИКИ**

**А.М. Орлов<sup>1,2,3, \*</sup>, И.В. Волвенко<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН;*

<sup>2</sup> *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН;*

<sup>3</sup> *Томский государственный университет;*

<sup>4</sup> *Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии («ТИНРО»)*

Глобальные изменения климата, происходящие в последние десятилетия и наиболее ярко проявляющиеся в полярных регионах, являются одной из самых обсуждаемых в последние годы проблем. Потепление в Арктике приводит ко все возрастающему влиянию на нее со стороны Атлантического океана, проявляющемуся в переносе тепла течениями, следствием чего становится стирание различий в условиях между некоторыми районами Арктики и Северной Атлантики и переход арктических

морских экосистем в более умеренное состояние, что в научной литературе получило название «бореализация». Этот феномен сопровождается сокращением видового богатства арктической фауны и численности арктических видов, изменением состава сообществ, сменой доминантных видов с арктических на бореальные в большинстве таксономических групп, расширением ареалов и увеличением численности бореальных видов в направлении полюса, изменением пищевых связей на всех трофических уровнях и др. Влияние бореализации на отдельные виды рыб и ихтиоцены в Арктике изучено недостаточно. Большинство опубликованной информации по этой проблеме касается морей европейской Арктики (преимущественно Баренцева моря и вод Гренландии) или расширения в арктические воды ареалов крупноразмерных бореальных видов рыб, способных к продолжительным активным миграциям. Новые сведения о встречаемости, численности, биомассе и размерном составе шести бореальных видов рыб (черный палтус, тихоокеанская треска, минтай, синяя зубатка, окунь-клювач и бентозема) в морях российской Арктики (Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское) получены из открытых баз данных (OBIS, GBIF и FishBase) и данных траловых съемок ТИНРО 1977-2020 гг. Оказалось, что в открытых базах данных сведения о поимках указанных видов имеются преимущественно для восточной части Чукотского моря и моря Бофорта, но практически отсутствуют для морей российской Арктики, что обусловлено техническими причинами. Данные многолетних съемок ТИНРО свидетельствуют о расширении ареалов атлантических видов в восточном направлении, а тихоокеанских – в западном, что указывает на продолжающуюся бореализацию (атлантизацию и пацификацию) наших арктических морей под воздействием меняющегося климата. Дальнейшее потепление в Арктике чревато исчезновением некоторых видов арктической фауны и частичной потерей глобального видового богатства, а также может привести к смыканию ареалов «западных» и «восточных» популяций черного палтуса, что сделает возможным обмен между ними генетическим материалом и будет способствовать стиранию различий между особями атлантического и тихоокеанского происхождения. Огромным белым пятном в исследованиях ихтиофауны пока остается Восточно-Сибирское море, где из рассматриваемых

видов единичными поимками зарегистрированы пока только черный палтус и бентозема.

Подготовка данной работы А.М. Орловым осуществлена в ходе выполнения государственного задания ИО РАН № FMWE 2022-0004.

*\*Алексей Маркович Орлов: Orlov@vniro.ru*

## **ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА В ЖЕЛОБЕ СВЯТОЙ АННЫ (КАРСКОЕ МОРЕ)**

**Д.Д. Осипова<sup>1,\*</sup>, Д.А. Юрикова<sup>2,3</sup>, К.Н. Кособокова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН;*

<sup>2</sup> *Московский Государственный университет им. М.В.Ломоносова;*

<sup>3</sup> *Центр морских исследований МГУ*

Поток атлантических вод из Баренцева и Карского морей, проходящий в Северный Ледовитый океан через желоб Святой Анны, обусловлен взаимодействием разных водных масс атлантического происхождения: ветви Фрамовского течения, циркулирующей в желобе, и Баренцевоморской ветви. Обе ветви влияют на структуру зоопланктонных сообществ в регионе и способствуют адвекции атлантической планктонной фауны в Северный Ледовитый океан. Состав и структуру сообществ зоопланктона в желобе изучали в ходе 58-й экспедиции НИС «Академик Иоффе» в конце августа 2021 г. в рамках совместной программы ИО РАН и МФТИ «Плавучий университет». Отбор количественных проб осуществляли сетью Джели (БСД-37) с площадью входного отверстия 0,1 м<sup>2</sup> и размером ячеей фильтрующего конуса 180 мкм путем послойного облова водной толщи от дна до поверхности. Отбор проб на всех станциях производили в светлое время суток. Собранный материал фиксировали в 96% этиловом спирте. Видовой состав зоопланктона в районе наших исследований был во многом сходен с фауной Евразийской части Арктического бассейна. Всего зарегистрировано более 40 видов зоопланктона, среди которых доминировали ракообразные (Crustacea), причем наиболее разнообразной группой являлись веслоногие ракообразные (Copepoda,

более 20 видов). В южной части желоба сообщество формировалось под влиянием как притока атлантических вод, так и вод с шельфа Карского моря. На севере сообщество также подвергалось влиянию холодных вод и планктонных сообществ Арктического бассейна. Вертикальная структура зоопланктонных сообществ в районе исследований соответствовала закономерностям, известным для глубоководных районов Арктики. Пик общей численности и биомассы пришелся на поверхностный слой, самый бедный по числу видов. Максимальное число видов наблюдалось в мезопелагическом слое между 100 и 300 м, занятом атлантическими водами Фрамовской ветви. Вертикальное распределение и возрастной состав доминирующих по биомассе видов (*Calanus* spp., *Metridia*) были типичны для позднего арктического лета. Значительное снижение доли молодых стадий крупных копепод на самых северных станциях свидетельствовало об их менее успешном размножении в северной части желоба, по сравнению с южной. В целом распределение зоопланктона было тесно связано с распределением водных масс и свидетельствовало о важности адвекции атлантических вод для формирования зоопланктонных сообществ в желобе Святой Анны.

Работа выполнена в рамках программы «Плавающие Университеты» при поддержке Министерства науки и высшего образования и ООО «Центр морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова»; госзадания ИО РАН (тема № FMWE-2021-0007); гранта РФФИ № 23-17-00-121.

\**Дарья Дмитриевна Осипова: elkdaria@gmail.com*

**ВЛИЯНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ БЕЗЛЕДНОГО  
ПЕРИОДА НА ЗООБЕНТОС СЕВЕРО-ВОСТОКА БАРЕНЦЕВА МОРЯ  
(ПРОЛИВ МАКАРОВА)**

**Л.В. Павлова\*, А.Г. Дворецкий, А.А. Фролов, О.Л. Зими́на, О.Ю. Евсе́ва,  
Д.Р. Дикаева, З.Ю. Румянцева, Н.Н. Пантеле́ева**

*Мурманский морской биологический институт РАН*

Параметры бентосных сообществ (разнообразие, численность и биомасса) хорошо отражают особенности условий обитания и режим первичной продукции, а также их

долговременные изменения, вызванные естественными климатическими процессами или антропогенным влиянием. Потепление Арктики в последние 3 десятилетия привело к очень сильному сокращению ледового покрова в северо-восточной части Баренцева моря (Parkinson, 2014), в результате чего увеличилась продолжительность безледных периодов и, соответственно, периодов производства первичной продукции. Последствия этого явления для донной фауны беспозвоночных были исследованы осенью 2019 г. в проливе Макарова, расположенном в юго-западной части желоба Святой Анны. В данном районе с окисленными коричневыми илами и олиготрофными условиями распространены донные сообщества с низкой биомассой, основной вклад в которую вносят иглокожие (Зенкевич, 1963). Сам район исследования неоднороден по продолжительности сезона открытой воды. В последние годы акватория южнее  $78^{\circ}30'$ с.ш. свободна ото льда в течение 7,3 месяцев, севернее – 3,8. Эти значения намного превышают таковые 1980-х годов (период похолодания Арктики), когда безледный сезон в проливе Макарова длился менее двух месяцев в южном районе и одного месяца – в северном. Современные сообщества макрозообентоса продемонстрировали четкую связь с продолжительностью безледных периодов. Эта переменная влияла на вертикальный поток углерода, который определял численность и разнообразие донной фауны, как показали анализы избыточности и корреляции. Такие переменные, как температура, соленость и глубина, не оказали существенного влияния на донные организмы. В условиях короткого и длинного безледного периодов в проливе Макарова сформировались 2 фаунистические группы, которые различались по численности руководящих видов и видовому составу второстепенных. Обе группы имели сходное альфа-разнообразие ( $65 \pm 6$  и  $61 \pm 9$  видов на станцию) и биомассу ( $39 \pm 13$  и  $47 \pm 13$  г / м<sup>2</sup>), но достоверно отличались численностью (соответственно  $1140 \pm 100$  и  $4070 \pm 790$  экз / м<sup>2</sup>), индексами биоразнообразия  $H'$  ( $3,4 \pm 0,2$  и  $4,90 \pm 0,16$ ) и выравненности  $J'$  ( $0,58 \pm 0,02$  и  $0,81 \pm 0,02$ ). Были выявлены изменения и в структуре бентоса. В условиях длинного периода открытой воды в ответ на увеличение вертикального потока углерода в общей численности отмечено снижение доли полихет и увеличение доли двустворчатых моллюсков, увеличение численности подвижных сестонофагов, а также – численности и биомассы грунтоедов. В целом, структура донной фауны в проливе Макарова может служить хорошим индикатором состояния окружающей

среды. Полученные результаты позволяют прогнозировать изменения донной фауны при сохранившейся тенденции сокращения ледяного покрова и удлинении периода открытой воды в высоких широтах Баренцева моря и соседствующего с ним Карского моря.

Работа выполнена в рамках госзадания ММБИ РАН.

\*Людмила Валерьевна Павлова: [sea1234@mail.ru](mailto:sea1234@mail.ru)

**РАЗНООБРАЗИЕ И БИТОПИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ РОДА  
*MEGALOTHORAX* (COLLEMBOLA: NEELIDAE)  
НА ТЕРРИТОРИИ АРКТИКИ**

**К.С. Панина\***

*Московский педагогический государственный университет*

Collembola, или ногохвостки – класс мелких почвенных членистоногих, разнообразных и повсеместно распространенных, которые участвуют в формировании почвенного плодородия. Самые мелкие коллемболы относятся к отряду Neelipleona, в частности, род *Megalothorax* имеет длину тела 0,2-0,3 мм. Внешне они кажутся очень сходными. До недавнего времени в Голарктике отмечали лишь *M. minimus* Willem, 1900. На сегодняшний день род включает три широко распространенных вида: *M. minimus*, *M. willemi* Schneider & d’Haese, 2013 (умеренные широты) и *M. laevis* Schneider & d’Haese, 2018 (тропические регионы). Ареалы остальных видов изучены плохо или не изучены совсем, особенно на территории России. Возможно, для многих видов рода вообще характерно широкое распространение. В настоящей работе оценено видовое разнообразие самых мелких коллембол на территории Арктики. Материал был отобран в Ненецком Автономном округе (на Паханческой, Болванской и Хайнудырской Губе, Югорском и Канине полуострове), в Мурманске (на Среднем и Рыбачьем полуострове) и на Чукотке

(поселок Лаврентия). Ранее на территории арктического побережья отмечался только один вид рода – *M. minimus*. При работе с этим материалом было обнаружено четыре известных вида и один новый вид рода *Megalothorax*. Уже известные виды показали географическую дифференциацию на территории Арктики. Так, *M. minimus*, *M. roseus* Panina et al., 2022 и *M. processus* Panina et al., 2022 приурочены к территориям Ненецкого Автономного округа, а *M. willemi* – к территориям Мурманска и Чукотки. Новый вид рода *Megalothorax* был обнаружен на Югорском полуострове (полярная станция «Белый Нос»). Как *M. roseus* и *M. processus*, *Megalothorax* sp. nov. 1 имеет кутикулярный вырост овальной формы (внешне напоминает «нос»), расположенный в лобной части головы. Известны еще два вида *Megalothorax* с «носом» в лобной части головы – *M. potapovi* Schneider et al., 2016 и *M. sanctistephani* Christian, 1998. Вероятно, «нос» у всех видов возникает независимо. Кроме того, *Megalothorax* sp. nov. 1 имеет чувствительные поля 1-6 с очень маленькими пламеневидными сенсиллами, некоторые из которых кажутся шаровидными. Для нового вида также характерна редукция хет в лобной части, на третьем членике антенны, третьей паре конечностей и брюшке. Одна из wgc-хет на брюшке сильно утолщена. На сегодняшний день также остается почти неизученным вопрос экологической дифференциации самых мелких коллембол. При работе с материалом с арктического побережья удалось установить биотопическую дифференциацию обнаруженных видов рода *Megalothorax*. Так, *M. willemi*, *M. minimus* и *M. roseus* приурочены к лесным биотопам и болотам, а *M. processus* – к тундровым лугам. Расхождение сходных по габитусу видов рода *Megalothorax* по разным биотопам, вероятно, связано с различными физиологическими и морфологическими адаптациями, а также пищевой специализацией видов, но это требует более детального изучения.

\*Ксения Сергеевна Панина: [paninaxeniya@yandex.ru](mailto:paninaxeniya@yandex.ru)

**СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ КОЛОНИЙ ГИДРОИДОВ РОДА *RHIZOGETON*  
(CNIDARIA, HYDROZOA) В ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЕ КОЛЬСКОГО  
ПОЛУОСТРОВА (БАРЕНЦЕВО МОРЕ). ВОПРОС ВИДОВОЙ  
ИДЕНТИФИКАЦИИ**

**Н.Н. Пантелеева\***

*Мурманский морской биологический институт РАН*

По данным исследований Мурманского морского биологического института РАН, колонии гидроидов рода *Rhizogeton* (Cnidaria, Hydrozoa) широко распространены в литоральной зоне Кольского побережья Баренцева моря. Мониторинг развития популяции этого вида проводится на базе ММБИ в н.п. Дальние Зеленцы регулярно с 1996 г. Детально изучены биотопы, морфология, сезонное развитие и особенности размножения вида. Однако окончательно не решен вопрос его идентификации. Колонии *Rhizogeton* sp. встречаются на каменисто-валунной литорали Восточного Мурмана с марта по август (Пантелеева, 2013). В летнее время их можно обнаружить на всех горизонтах литорали вплоть до верхней границы водорослей (от 0,4 до 4,0 м над 0 глубин). Колонии в виде небольших красных пятен располагаются на нижних поверхностях камней, лежащих на гальке между валунами, на боковых поверхностях валунов, а в литоральных скальных ваннах стелятся по расщелинам, створкам мидий, баянусов и основаниям фукоидов. Колонии столональные со стелющейся гидроризой, гидранты сидячие, сильно сократимые (их форма зависит от степени сокращения), средней высотой 2-6 мм, в естественной среде могут вытягиваться до 12 мм. Щупальца нитевидные, в количестве от 9 до 24 (в среднем 14-18), располагаются без особого порядка в верхней половине (или от 1/4 до 3/4) полипа. Верхние щупальца длиннее нижних. Гипостом изменчивой формы: от конической до куполообразной, окружен неправильным кольцом из 4-5 оральных щупалец. Основание гидранта (до 1 мм высотой) покрыто едва различимой пленкой перисарка, более заметной благодаря обрастателям. Книдом представлен нематоцистами двух типов: десмонемами (4,2-5,8×2,5-3,5 мкм) и микробазическими эврителами (6,5-8,2×2,8-3,5 мкм). Половозрелые колонии встречаются обычно в июле. Они имеют компактную структуру: гонофоры, как правило, сконцентрированы в середине колонии и находятся под защитой кормящих полипов,

а у женских колоний – и видоизмененных полипов с трансформированными щупальцами (Пантелеева, 2004, 2010). Колонии раздельнополы. На ранних стадиях развития они неотличимы, но в мужских колониях развиваются веретеновидные гонофоры бледно-розового цвета с гомогенным содержимым, а в женских – удлинненно-овальные оранжево-красные с развивающимися яйцами (до 36 штук, в среднем 15-20), диаметром около 0,2 мм. Оплодотворение и первые стадии эмбрионального развития протекают в гонофорах (Пантелеева, 2004). Несмотря на то, что в Баренцевом море официально до сих пор (Stepanjants, 2001; Анцулевич, 2015) числятся два вида гидроидов рода *Rhizogeton*: *R. nematophorum* Antsulevich, 1986 (Анцулевич, Полтева, 1986) и *R. nudus* Broch, 1910 (Broch, 1910; Ушаков, 1948), рассматриваемые колонии отличаются от них тем, что не имеют нематофоров, как у *R. nematophorum*, но обладают перисарком, который не отмечен у сублиторального (описан с гл. 35 м) *R. nudus*. Зато полностью соответствуют описанию (за исключением большего числа щупалец) и литоральному местообитанию вида *Rhizogeton fusiformis* L. Agassiz, 1862.

\*Нинель Николаевна Пантелеева: [ninel\\_panteleeva@mail.ru](mailto:ninel_panteleeva@mail.ru)

## **ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИИ И УЛЬТРАСТРУКТУРЫ КЛЕТОК *CHLAMYDOMONAS REINHARDTII* В УСЛОВИЯХ СЕРНОГО ГОЛОДАНИЯ**

**Е.В Петрова\*, А.А. Волгушева, Т.А. Федоренко, О.И. Баулина, О.А. Горелова**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет*

Классический модельный объект для изучения различных физиологических и метаболических процессов – зеленая водоросль *Chlamydomonas reinhardtii*. Важной особенностью метаболизма данной водоросли является способность к образованию молекулярного водорода при попадании клетки в неблагоприятные (например, дефицит минеральных веществ в среде, анаэробноз) для нее условия. Этот процесс связан с наличием у *C. reinhardtii* активного фермента FeFe-

гидрогеназы. Полагаем, что гидрогеназа играет существенную роль для водоросли *C. reinhardtii* в неблагоприятных условиях, таких, как минеральное голодание, которое индуцирует в свою очередь переход культуры в анаэробные условия. Целью работы являлось сравнение физиологических реакций и ультраструктурной реорганизации *C. reinhardtii* родительского штамма СС-425 и его мутанта *hydEF*, лишённого активной Fe-гидрогеназы, в условиях серного голодания. Для этого сравнивали динамические изменения ряда физиологических и ультраструктурных параметров культуры в контрольном штамме СС-425 и его мутанте *hydEF* в условиях инкубации без серы. Среди параметров оценивали: способность обоих штаммов *C. reinhardtii* к образованию молекулярного водорода в анаэробных условиях при отсутствии серы в среде, способность обоих штаммов к выживанию в условиях отсутствия серы в среде, ультраструктуру клеток родительского штамма СС-425 и его мутанта *hydEF* при культивировании в стандартных условиях и на среде без серы. В ходе инкубации без серы культура переходила из аэробной стадии в анаэробную. Показаны следующие результаты: 1. Штаммы *C. reinhardtii* СС-425 и *hydEF* фенотипически существенно не различаются в стандартных (аэробных) условиях, когда гидрогеназа неактивна. 2. Культура штамма-мутанта *C. reinhardtii hydEF* показала меньшую сохранность живых клеток при инкубации в анаэробных условиях на среде без серы и сниженную способность своего восстановления при возвращении в стандартные условия по сравнению с родительским штаммом *C. reinhardtii* СС-425. 3. При культивировании штаммов в анаэробных условиях при серном голодании, реорганизация структуры органелл и количество включений в обоих штаммах меняется относительно клеток, выращенных на полной среде в аэробных условиях. При этом более значительные изменения происходят у штамма мутанта (снижение количества митохондриальных профилей и накопления олеосом (нейтральных липидов), увеличение количества крахмальных зёрен и пластоглобул), чем у штамма СС-425. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что активная гидрогеназа может играть важную роль в адаптации клеток микроводоросли к комбинированному стрессу, вызванному ограничением питательных веществ и дефицитом кислорода.

\*Елена Вячеславовна Петрова: [eslepova@list.ru](mailto:eslepova@list.ru)

## ФОРМИРОВАНИЕ КЛАДОК У МОРСКИХ ПАУКОВ

М.А. Петрова\*, Е.В. Богомолова

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Морские пауки – сестринская остальным хелицеровым группа первичноводных членистоногих. Для морских пауков характерно наружное оплодотворение и забота о потомстве: самец вынашивает кладки на специализированных конечностях – яйценосных ножках. Детальные описания процесса оплодотворения и формирования кладки практически отсутствуют в литературе. Имеются основания предполагать, что у разных видов пикногонид условия оплодотворения и процесс формирования кладки различаются: описано два варианта строения сперматозоидов, и форма кладок также значительно различается. В данной работе мы изучили процесс оплодотворения и формирования кладок у морских пауков из двух родов: *Nymphon brevirostre*, Hodge 1863 и *N. grossipes* (Fabricius, 1780) и *Phoxichilidium femoratum*, (Rathke 1799). Провели наблюдения за половым поведением с фото- и видеофиксацией, изучили методами гистологии и ТЭМ строение гамет и кладок, а также половой системы и железистого аппарата, функции которого предположительно связаны с репродукцией. В формировании кладки можно выделить два этапа: 1) откладка яиц и 2) формовка. Откладка и оплодотворение яиц у *Nymphon* и *Phoxichilidium* осуществляется сходным образом. Кладку удерживает самка. На этом этапе яйца скреплены только за счет разбухших вителлиновых оболочек. В такую рыхлую массу яиц самец выделяет сперматозоиды, и происходит оплодотворение. Сперматозоиды всех изученных нами видов имеют одинаковое строение. Сложность этапа формовки и вид готовой кладки различаются у двух изученных родов и коррелируют со строением яйценосных ножек. У *Phoxichilidium* яйценосные ножки имеются только у самцов, состоят из 6 сегментов, их подвижность ограничена. Самец выдергивает комок яиц из-под туловища самки, зацепив яйценосной ножкой, после чего никаких видимых изменений кладки не происходит, ее формовка минимальна. Готовые кладки *Ph. femoratum* представляют собой рыхлые комки каплевидной формы, на яйценосной ножке они удерживаются с помощью тонкой слизистой «ручки» на узком конце. У *Nymphon* яйценосные ножки есть у особей обоих полов, состоят из 10 сегментов, очень подвижны. После

откладки и оплодотворения яиц самка своими яйценосными ножками оборачивает еще рыхлую кладку вокруг яйценосной ножки самца и с помощью яйценосных ножек и первой пары ходильных ног утрамбовывает кладку и придает ей форму компактного шара, при этом, яйца оказываются настолько близко друг к другу, что деформируются. Материал вителлиновых оболочек выдавливается на поверхность и компактизируется, кладка покрывается плотной оболочкой. Яйценосная ножка проходит через центр кладки, «ручки», как у *Phoxichilidium* нет. У самцов всех изученных нами видов имеются бедренные железы. Традиционно считается, что именно эти железы выделяют цемент – связующее вещество, скрепляющее яйца в кладке. Однако по нашим наблюдениям, бедренные железы в процессе формирования кладки не задействованы, дополнительного цемента в кладках обоих видов нет.

*\*Мария Алексеевна Петрова: mashkaromashka225@gmail.com*

## **НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ОРГАНИЗАЦИИ МУСКУЛАТУРЫ *NOVOCRANIA ANOMALA* (BRACHIOPODA, CRANIIFORMEA) В СРАВНЕНИИ С КЛАССИЧЕСКИМИ РАБОТАМИ**

**Ф.А. Пландин\*, Е.Н. Темерева**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Брахиоподы (Brachiopoda) – тип морских бентосных животных, слабо изученных современными методами исследований. Поскольку большинство видов и крупных таксонов брахиопод вымерло к настоящему времени, эта группа изучается, в основном, палеонтологами и многие аспекты строения мягких тканей остаются невыясненными. Мускулатура брахиопод – одна из наиболее исследованных систем органов, изучение которой возможно и при помощи простого анатомирования, и по отпечаткам на ископаемом материале. Однако в описаниях различных лет имеются многочисленные противоречия, которые должны быть разрешены на современном методологическом уровне. Мышечная система кранииформных брахиопод детально

описана в классических трудах XIX века (Joubin, 1886; Blochmann, 1892). В современное время попытка ревизии этих данных была предпринята Робинсоном (Robinson, 2014), однако с методологической точки зрения она оказалась не более успешной, чем старые исследования. Настоящая работа представляет собой первое изучение мышечной системы брахиопод на примере *Novocrania anomala* методом трехмерного моделирования. Полученные 3D-реконструкции и гистологические описания дополнены данными по ультраструктуре различных мышечных тяжей. Мы сопоставляем наши результаты и данные, опубликованные в классических трудах XIX века и более современные, а также предлагаем интерпретацию полученных результатов с морфофункциональной точки зрения. Отдельно обсуждаются противоречивые аспекты анатомии мышц *N. anomala* – природа ретракторов и протракторов лофофора, наличие «кольцевой» мышцы и мышц щупалец лофофора. Проводится сравнение мускулатуры современных *Novocrania* и мышечных отпечатков вымерших краниид. Показано, что, несмотря на недостаток современных методов исследования, наиболее детальное описание и интерпретация мышечной системы *N. anomala* удалось Ф. Блохманну в далеком 1892 году, однако в некоторых деталях наши данные и выводы отличаются от его результатов. В частности, нам удалось обнаружить, помимо гладких, также и поперечнополосатые мышечные волокна; абфронтальные мышцы щупалец, вопреки результатам Блохманна, практически не выражены; функциональное значение брахиальных мышц, предположенное Блохманном, представляется спорным и пересмотрено. В мускулатуре *N. anomala* можно выделить две основные группы мышц. Первая группа – мышцы, связанные с движением створок друг относительно друга: две пары аддукторов и две пары косых мышц. Вторая группа мышц связана с движением всего лофофора целиком (протракторы и элеваторы лофофора), изменением его формы (брахиальные мышцы), движениями щупалец лофофора. Нами также описаны мышцы, связанные с пищеварительной системой: кольцевые мышцы пищевода и мышцы, связанные с задней кишкой. Полученные данные представляются важными в свете сравнительной анатомии крупных таксонов брахиопод, а также происхождения и эволюции их плана строения.

Работа выполнена при поддержке РФФ (23-14-00020).

\*Федор Александрович Пландин: foedorplandin@gmail.com

## НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ОСТРОВОВ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА В ГОЛОЦЕНЕ

**М.А. Писцова\*, В.В. Смирнова, Н.Р. Чупраков**

*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова*

Один из кластеров Кандалакшского заповедника объединяет острова кутовой части одноименного залива. В июне 2023 года мы обследовали Ряшков, Лодейный, Олений, Медвежий и Вороний с целью сбора и первичного анализа данных об истории их развития. Проведенные работы включили геолого-геоморфологическое описание островов, их берегов, отбор проб на диатомовый анализ и радиоуглеродное датирование. Острова Кандалакшского залива сформировались в ходе послеледникового воздымания Западного Беломорья. Подъем проходил крайне неравномерно, современный облик островов в значительной степени обусловлен характером подъема блоков земной коры по разрывным нарушениям разного времени. Архипелаг сложен метаморфическими породами архея – амфиболитами, гнейсами и их разновидностями, частично магматизированными (Государственная геологическая карта..., 1958). На всех крупных островах они прорваны небольшими интрузивными массивами габброидов и рассечены дайками диабазов. Несколько реже встречаются палеозойские субвулканические тела нефелиновых базальтов. В целом, геологическое строение родственно полуострову Киндо. Береговая зона островов мозаична. Типичны слабоизмененные волнением берега спускающихся к морю бараньих лбов. Они перемежаются короткими отрезками карманных пляжей, приуроченных к понижениям рельефа скальной кровли. Приливно-отливная зона имеет типичное для Кандалакшского берега строение: повсеместны валунные отмытки и песчано-щебнистые осушки с большим количеством валунов ледового разноса на поверхности. В губах Северной и Южной на о. Ряшков накапливается илистый материал, насыщенный органическим веществом. На обследованном юго-западном побережье о. Ряшков современный аккумулятивный берег примыкает к лестнице узких (десятки метров) морских террас, насчитывающей до четырех уровней. Продолжающееся поднятие архипелага приводит к отчленению от акватории меромиктических водоемов. На островах Ряшков, Лодейный и Олений мы отобрали образцы на диатомовый анализ в ходе бурения озерно-болотных отложений торфяным буром Гиллера-1. Глубина скважин

составила от 0,9 м (на Лодейном) до 2,6 м (на Оленьем). В колонках обычно под покровом слабо или хорошо разложившихся растительных остатков лежат бурые сапропели, перекрывающие серые пески или опесчаненные глины. Интервал отбора составил 1-2 см, пробы полно характеризуют колонки от кровли бурых сапропелей до верхней части разрезов подстилающих отложений. В ходе лабораторных работ мы планируем по составу диатомовых ассоциаций реконструировать условия формирования сапропелей и подстилающих отложений и определить, таким образом, положение береговой линии и экологические условия позднего голоцена. Для хронологической привязки данных мы отобрали образцы на радиоуглеродное датирование из подошвы бурых сапропелей.

Работы ведутся при поддержке Научно-образовательной школы МГУ имени М.В.Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды» и по госзаданию кафедры геоморфологии и палеогеографии № АААА-А16-11632810089-5.

*\*Мария Андреевна Писцова: [mar-work@mail.ru](mailto:mar-work@mail.ru)*

## **ИЗУЧЕНИЕ ЛЕДОВОЙ ФАУНЫ НА БЕЛОМОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ИМ. Н.А. ПЕРЦОВА**

**Д.А. Портнова\*, А.И.Тимченко**

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН*

Научный интерес к морскому льду и его биологической компоненте растет год от года. Морской лед представляет собой не сплошной монолит, а систему кристаллов, между которыми имеются соединенные друг с другом полости, заполненные соленой водой. Таким образом, лед пронизан системой капилляров, внутри которых находится рассол (Weissenberger et al., 1992). Полости сообщаются с морской водой на нижней поверхности льда. Эта трехмерная система полостей и каналов является жизненным пространством многих микроскопических организмов

(Timchenko et al., 2021). Колонизация льда возможна только теми животными, поперечное сечение тела которых не превышает возможный диаметр капилляров (Колосова, Ильяш, 2009). Льды Белого моря образуются на месте, существуют около 8 месяцев и тают, не контактируя с аллохтонными льдами. Характерной особенностью формирования льда в Белом море является высокая температура подледной воды. Под слоем выпадающего снега существует слой морской воды. Снег и молодой лед пропитываются морской водой. Далее водно-снежная смесь замерзает, и формирование льда продолжается сверху вниз. При этом лед абсорбирует до 10% солей из подледного слоя воды. В результате перемешанный слой воды оказывается изолированным от более теплого и менее соленого подледного слоя. Таким образом, лед Белого моря отличается ото льдов других морей (Пантюлин, 2004). Беломорская Биологическая станция была выбрана полигоном для изучения организмов, ассоциированных с морским льдом. Было принято решение проводить экспедиции в разные сезоны на ББС МГУ с целью сбора материала. Зимний сезон интересовал нас сильнее, так как необходимо было проследить изменение разнообразия и численности ледовых организмов. Структура и функционирование экосистемы, как льда, так и осадка исследованы крайне слабо в переходные периоды от зимы к весне и от осени к зиме, при резком изменении температуры, освещенности, гидродинамического режима. Главной целью исследования сезонного морского льда Белого моря является изучение разнообразия и роли микроскопических многоклеточных организмов в функционировании ледовых сообществ. В целом пока работа была ориентирована на решение трех связанных задач: 1) детальное изучение таксоценоа свободноживущих нематод в толще льда (криофауна) и в фоновом осадке (мейофауна); 2) описание и сравнение организации многовидовых сообществ нематод в этих биотопах в Белом море в течение календарного года и 3) детальное изучение остальных групп микроскопических организмов, населяющих толщу льда и осадок. Были проведены экспедиции с того времени, как устанавливался ледяной покров, по которому мог проехать снегоход в Ругоозерской губе. Выпиливались ледовые керны в Ругоозерской губе (с помощью коловорота/ кольцевого бура и ледовой пилы). Была сделана трансекта из 5 станций на расстоянии 15-20 м друг от друга на литорали так же в Ругоозерской губе. В каждой экспедиции проводили измерение толщины снежного покрова и льда, глубины воды подо льдом. В местах отбора ледовых кернов был

проведен отбор проб воды батометром на горизонтах 0-30 м, осадка с помощью боксскорера. На литорали отбирали пробы осадка и макрофитов. Также делали отбор проб сетью Джеджи. Были получены результаты о видовом разнообразии нематод, численности в разные месяцы и был проанализирован возрастной состав нематод. Была проведена попытка использования морфологического и молекулярного подхода для ледовых нематод. Было выдвинуто предположение, как происходит заселение морского сезонного льда свободноживущими нематодами и в какое время. Был обнаружен новый вид нематод из рода *Daptonema*, ассоциированный со льдом Белого моря, и сделан генетический анализ этого вида. Был исследован таксономический и филогенетический статус ледовой нематоды вида *Theristus melnikovi*, который был обнаружен как в сезонных льдах Белого моря, так и в других льдах Арктики.

*Дарья Портнова: daria.portnova@gmail.com*

## **САЙКА – «ВНЕШТАТНЫЙ ПОМОЩНИК» ИССЛЕДОВАТЕЛЯ**

**И.П. Прокопчук\***

*Полярный филиал ФГБНУ Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии («ПИНРО» им. Н.М. Книповича)*

Сайка (*Boreogadus saida*, Lerechin, 1774) – многочисленный вид пелагических рыб с циркумполярным распределением. Как планктофаг, сайка выступает в качестве промежуточного звена в переносе энергии от низших к более высоким трофическим уровням, являясь объектом питания трески, морских птиц и млекопитающих. Материалом для настоящей работы послужили данные лабораторного количественно-вещного анализа проб на питание сайки, собранных в ходе научно-исследовательских рейсов Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» в Баренцевом море в 2007-2021 гг. и в Карском море в 2007-2013 гг., а также данные о составе зоопланктона в Баренцевом море в 2007-2019 гг. Основная цель исследования – показать, что данные о составе пищи сайки могут быть дополнительным источником

информации о распределении планктонных и бентосных организмов, в том числе личинок промысловых видов беспозвоночных. В составе пищи сайки было отмечено около 150 различных кормовых объектов, относящихся к 6 типам. Установлено, что она потребляет не только организмы зоопланктона, а также нектонных, нектобентосных и бентосных животных, что отражает особенности ее вертикального распределения в период питания. В 2012 г. в желудках сайки из Баренцева моря впервые за весь период исследований были обнаружены личинки краба-стригуна *Chionoecetes opilio* в стадии мегалопы, а в 2013 г. – и в Карском море. Всего в желудках сайки было отмечено 298 личинок краба в Баренцевом море и 6 личинок в Карском море. По уловам планктонной сетью Джели в Баренцевом море была поймана 81 личинка краба-стригуна опилио в 2011-2019 гг. Данные о распределении личинок *C. opilio* из желудков сайки дополняют таковые по уловам планктонной сети и восполняют пробелы в тех районах, где сбор зоопланктона не выполнялся, а также, вероятно, вследствие низкой уловистости личинок краба-стригуна сетью Джели. Присутствие в питании сайки глубоководных видов копепод, бентосных ракообразных и донных полихет свидетельствует о ее питании в придонном слое. Некоторые виды копепод – *Bradyidius similis*, *Neoscolecithrix farrani* – не улавливаются сетью Джели вследствие конструктивных особенностей сети и методики облова. В этом случае содержимое желудков сайки является единственным источником информации об их распределении и составе популяции. Сведения о составе пищи сайки также могут дополнить информацию о пространственном распределении видов. Например, *Meganycitiphanes norvegica* – крупный атлантический вид эвфаузиид, который заносится из Норвежского моря в южную часть Баренцева моря с теплыми водами Восточной ветви Норвежского течения. Он был обнаружен в питании сайки к северо-востоку от архипелага Новая Земля, куда мог проникнуть с теплым течением из южной части Баренцева моря, или же с севера Баренцева моря через глубоководный желоб Святой Анны. Кроме того, можно получить сведения о размерной структуре популяций различных организмов, в частности, гиперидид, эвфаузиид, щетинкочелюстных и молоди рыб, встречающихся в питании сайки.

\*Ирина Павловна Прокопчук: irene\_pr@pinro.ru

## РЕДУКЦИЯ МЕДУЗЫ У *SARSIA LOVENII* – КАК ИЛЛЮСТРАЦИЯ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ У HYDROIDOLINA (CNIDARIA, HYDROZOA)

А.А. Прудковский<sup>1, \*</sup>, А.А. Ветрова<sup>1</sup>, С.В. Кремнев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;

<sup>2</sup> Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН

Гидроидные характеризуются сравнительно высоким видовым разнообразием. Однако пути становления разнообразия таксона пока мало изучены. Недавно открытое морфогенетическое разнообразие гидроидных *Sarsia lovenii* в Белом море может послужить моделью для исследования процессов редукции медузы и видообразования у гидроидных. Гидроидные широко известны разнообразием жизненных циклов. В то время как некоторые виды продуцируют свободно плавающих медуз, у других видов медузоидные стадии остаются прикрепленными к родительской колонии или родительской особи. Мы провели анализ большого числа образцов *S. lovenii* из Белого моря и идентифицировали четыре типа гонофоров, включая свободноплавающих медуз, прикрепленных эумедузоидов и гонофоры промежуточного строения. Мало что известно о механизмах, лежащих в основе потери свободноплавающей медузы у гидроидных. Появление развивающихся почек свободно плавающих медуз и прикрепленных медузоидов на колониях *S. lovenii* происходит в разные месяцы. Таким образом, редукция медузы сочетается со сдвигом периода репродукции и сокращением времени от момента начала развития медузоидной стадии до момента созревания гамет. Мы сравнили закономерности клеточной пролиферации и распределения нематоцитов в медузоидах, почках медузы и полностью сформированных медузах *S. lovenii*. Половозрелые медузоиды проявляют ювенильные соматические признаки, демонстрируя признаки неотении. Также мы сравнили тип гонофора с гаплотипами молекулярных маркеров COI и ITS. Анализ последовательностей COI показал, что экземпляры *S. lovenii* делятся на две гаплогруппы. При анализе последовательностей ITS было выявлено еще большее внутривидовое генетическое разнообразие. Мы идентифицировали 14 гаплотипов ITS в результате разделения аллелей. Генетический полиморфизм региона ITS, скорее всего, был связан с внутривидовым

скрещиванием между гаплотипами. Разнообразие морфотипов совпадает с генетическим разнообразием образцов. Таким образом, мы продемонстрировали, что морфологически изменчивый вид *S. lovenii* представлен в Белом море сетью интенсивно гибридизующихся гаплотипов. Гибридизация влияет на морфологию и период созревания гонофоров и, предположительно, влияет на процессы видообразования.

\**Андрей Андреевич Прудковский: aprudkovsky@wsbs-msu.ru*

## **ТОНКОЕ СТРОЕНИЕ ЭПИТЕЛИЯ МАНТИИ БРАХИОПОДЫ *HEMITHIRIS PSITTACEA* (GMELIN, 1791)**

**А.В. Ратновская\*, Т.В. Кузьмина**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Брахиоподы – тип морских беспозвоночных животных, имеющих богатую палеонтологическую историю. Тело брахиопод заключено в двустворчатую раковину. Мантия выстилает раковину изнутри и представляет собой складку стенки тела, которая состоит из внутреннего и наружного эпителиев. По краю мантии в области перехода внутреннего эпителия в наружный находится мантийный желобок, где происходит секреция раковины. До сих пор нет единого мнения о механизме секреции раковины брахиопод. В настоящее время существует две гипотезы роста мантии. Гипотеза полного конвейера предполагает наличие генеративной зоны в мантийном желобке. При этом каждая новая клетка, получившаяся из герминативной зоны, проходит несколько стадий дифференцировки, синтезируя различные компоненты раковины. При росте раковины клетка наружного эпителия постепенно удаляется от края раковины, сохраняя связь с одной фиброй. В то же время гипотеза частичного конвейера предполагает, что каждая клетка мантии не меняет своей функции и делится митозом при росте брахиоподы. При этом клетки наружного эпителия мантии

передают растущую фибру вторичного слоя раковины друг другу. В данной работе методами трансмиссионной электронной микроскопии изучена ультраструктура мантии брахиоподы *Hemithiris psittacea*. Материал был собран в августе 2021 года в Кандалакшском заливе Белого моря в окрестностях ББС МГУ на глубине 9 м. Мантия *H. psittacea* состоит из внутренней и наружной лопастей, которые разделены мантийным желобком, расположенным у края мантии. Показано, что внутренний эпителий мантии моноцилиарный, представлен уплощенными клетками с регулярно расположенными микроворсинками. У мантийного желобка клетки внутренней лопасти мантии представлены модифицированным внутренним эпителием: они принимают столбчатую форму и образуют ресничный гребень у края мантии. Вероятно, данный гребень участвует в регуляции потоков воды, идущих вдоль мантии. Впервые для брахиопод в глубине мантийного желобка описаны овальные клетки, которые являются видоизмененными клетками наружного эпителия, не несут ресничек и отличаются высоким ядерно-цитоплазматическим отношением. Вероятно, овальные клетки представляют собой генеративную зону и участвуют в формировании клеток мантийного эпителия. Наружную лопасть мантийного желобка формируют лопастные и везикулярные клетки, которые содержат многочисленные секреторные гранулы и участвуют в секреции периостракума. Везикулярные клетки сменяются клетками наружного эпителия, которые участвуют в секреции первичного и вторичного слоев раковины. Нами были обнаружены случаи, когда под одной фиброй находятся две клетки наружного эпителия. Полученные данные подтверждают гипотезу полного конвейера с небольшим дополнением: одна фибра может передаваться от одной клетки наружного эпителия к соседней.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 23-14-00020.

\**Анна Владимировна Ратновская: belka190199@gmail.com*

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЗИМНИХ  
ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ И ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСТРОВАХ БОЛЬШОМ СОЛОВЕЦКОМ И  
МУКСАЛМА (БЕЛОЕ МОРЕ, СОЛОВЕЦКИЙ АРХИПЕЛАГ)**

**Т.Ю. Репкина<sup>1,2,\*</sup>, А.В. Орлов<sup>2,4</sup>, А.К. Крехов<sup>3</sup>, Ю.А. Кублицкий<sup>4</sup>,  
В.В. Брылкин<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Институт географии РАН;*

<sup>2</sup> *ФГБУ «ВНИИОкеангеология»;*

<sup>3</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет;*

<sup>4</sup> *Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена*

В докладе будут представлены первые результаты геолого-геофизических исследований, выполненных на о. Большом Соловецком (Белое море) в марте 2023 г. Целью работ был сбор данных о строении разреза ледниковых и послеледниковых отложений для последующей пространственно-хронологической корреляции поздне- и послеледниковой истории Соловецких островов и прилегающего шельфа. Комплекс работ включал георадиолокационное профилирование (георадар ОКО-3, антенны с частотой 50 и 250 МГц), профилирование с помощью DGPS, а также бурение донных отложений озер с отбором кернов на микропалеонтологический и геохимический анализы и радиоуглеродное датирование. В докладе будут представлены георадиолокационные разрезы отложений ледникового комплекса (ледниковых, флювиогляциальных) и послеледниковых (морских и озерно-болотных) осадков. Литологические колонки из трех озер – Моренное (урез 25,7 м н.у.м., глубина воды 6,6 м) и Рыбка (урез 24 м н.у.м., глубина воды 8 м), расположенных вблизи верхней морской границы, а также озера Варваринского (урез 8 м н.у.м., глубина воды 7,5 м). Результаты исследований позволили получить данные о внутреннем строении поздне- и послеледниковых отложений на двух островах Соловецкого архипелага, и подтвердить положение верхней морской границы на высотах 23-24 м н.у.м.

Исследования выполнены при поддержке проектов РФФ № 22-17-00081 (георадиолокационные исследования), ГЗ № 2023-2025 VRFY-2023-0010

(палеолимнологические исследования), ГЗ ИГ РАН FMGE-2019-0005  
(геоморфологическое профилирование).

\*Татьяна Юрьевна Репкина: *t-repkina@yandex.ru*

## **РАСТИТЕЛЬНОСТЬ МАРШЕВЫХ ЛУГОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ О. САХАЛИН**

**И.О. Рожкова-Тимина\***

*ФГБНУ Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства;  
Сахалинский государственный университет*

Марши – категория водно-болотных угодий, периодически затопляемая водами близлежащего водоема и характеризующаяся травянистой растительностью, которая часто образует обширные луга. Так как в русскоязычной литературе под термином «марши» обычно подразумеваются полосы побережья моря, находящиеся в зоне приливов и отливов, то особенностью маршевых лугов является галофитная растительность, то есть растительность, приспособленная к произрастанию на засоленных почвах. Нижним пределом марша считается обращенная к морю граница распространения надводных сосудистых растений, верхняя граница марша ограничена зоной затопления сизигийными приливами. В Российской Федерации лучше всего изучены маршевые луга Берингова и Баренцева морей, также есть данные о растительности маршей на п-ове Камчатка. По данным 2013 года, на арктических маршевых лугах России зарегистрировано 113 видов (62 рода, 32 семейства) травянистых растений. Наиболее широко представлены злаки (26 видов), осоковые (17 видов) и астровые (8 видов). На Сахалине целенаправленные исследования растительности маршевых лугов начались только в 2023 году. Исследования проводились в южной части Сахалина, в вершине залива Анива (Охотское море), в окрестностях села Соловьевка (Корсаковский район) летом 2023 года. Всего был определен 21 вид травянистых растений (21 род и 13 семейств). Наиболее широко представлены злаки (4 вида), осоковые (3 вида), бобовые (2 вида), спаржевые (2 вида). Особенностью маршевых лугов Сахалина является их

маловидовой состав: непосредственно в нижней границе маршей зафиксированы фитоценозы, состоящие из двух-трех видов: доминантными видами выступают *Triglochin maritima* L. и *Carex dispalata* Boott, значительно реже встречаются *Stellaria calycantha* (Ledeb.) Bong. и *Glaux maritima* L. Злаковый вид *Leymus mollis* (Trin.) Pilg. встречается по всей ширине маршевых лугов и считается обычным видом для прибрежных лугов на песчаных почвах. Также очень распространены *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. – этот эврибионтный вид часто упоминается в литературе как обычный обитатель маршевых лугов – и *Schoenoplectus tabernaemontani* (C.C. Gmel.) Palla. Ближе к верхней границе маршей в качестве доминантных видов зафиксированы *Carex cryptocarpa* C.A. Mey., *Rubia jesoensis* (Miq.) Miyabe & Kudo, *Arctopoa eminens* (J. Presl) Prob., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth, *Sanguisorba stipulata* Raf., *Lathyrus pilosus* Cham., *Thermopsis lupinoides* (L.) Link, *Rubus arcticus* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt. В заключение можно отметить, что маршевые луга юга Сахалина имеют общие виды с ранее исследованными маршевыми сообществами Российской Арктики, однако имеется ряд различий, обусловленных в первую очередь географическим положением и связанными с этим климатическими особенностями.

\*Инна Олеговна Рожкова-Тимина: [inna.timina@mail.ru](mailto:inna.timina@mail.ru)

## **ВОЗРАСТ ТОРФЯНИКОВ И ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОБЕРЕЖЬЯ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА**

**Ф.А. Романенко\*, М.А. Писцова, Н.Н. Луговой**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
географический факультет*

Торфяники и озерно-болотные отложения – один из самых информативных, широко распространенных и доступных для изучения палеоархивов. Их комплексное исследование позволяет реконструировать изменения природной среды (тепло/холодно, сухо/влажно, море/суша и пр.) и решать некоторые

геоморфологические задачи. Так, диатомовый анализ в сочетании с радиоуглеродным датированием позволили рассчитать скорости тектонического подъема п-ова Киндо и установить, что по проливу, где сейчас располагаются Ершовские озера, еще могли ходить лоды новгородских ушкуйников. Волок в основании Кузокоцкого полуострова мог работать до XVII - начала XVIII вв. Датирование органических остатков, погребенных и/или перекрывающих сейсмоколлювий (разбитые землетрясениями скальные обломки), позволило установить возраст землетрясений, обнаруженных И.Г. Авенариус в 2004 г. на луде у о-ва Медвежьего, названной ее именем (о. Авенариус) и нами на южном и восточном склонах горы Ругозерской и о-ве Кокоиха. Для установления возраста начала накопления торфа и озерно-болотных отложений на побережье Кандалакшского залива мы в 2006-2022 гг. пробурили торфяным буром Гиллера-1 около тридцати торфяников и озерных котловин на Карельском, в том числе в районе ББС, Кандалакшском и в западной части Терского берегов Белого моря. Радиоуглеродное датирование показало, в том числе, что:

- торф и озерные отложения на побережье Кандалакшского залива начали накапливаться вскоре после разрушения последнего оледенения и формировались практически весь голоцен с интервала 8-9 тыс. радиоуглеродных лет (р.л.) до середины второго тысячелетия н.э., т.е. накопление торфа/сапропеля продолжается;
- торф обычно перекрывает толщи сапропелей/гиттии, в основании которых находятся песчано-глинистые и/или валунно-галечные осадки, часто (на высотах до 90 м) с морскими диатомовыми водорослями;
- возраст подошвы торфяников может резко меняться даже на небольшом расстоянии. Так, торфяники о. Великого существенно моложе торфяников п-ва Киндо, находящихся на близких высотах;
- в строении болотных массивов на сравнительно плоских морских террасах вдали от озер практически не встречаются сапропели, что говорит об отсутствии озерного этапа осадкообразования.

Лежащие в основании разреза морские пески сменяются континентальными болотными отложениями возрастом от 9500 р. л. до 150 лет, т.е. процесс подъема суши и отступления моря продолжается в течение всего голоцена. В 2023 г. бурение продолжалось на островах Кандалакшского архипелага (Ряшков, Лодейный,

Олений), в районе с. Оленица, п. Нижняя Пулонга и с. Калгалакша на Карельском берегу. Ожидаем новые интересные детали развития побережий.

Исследование выполняется в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ имени М.В.Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды» и госзадания кафедры геоморфологии и палеогеографии «Эволюция природной среды, динамика рельефа и геоморфологическая безопасность природопользования».

\*Федор Александрович Романенко: [faromanenko@mail.ru](mailto:faromanenko@mail.ru)

## **ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ БАКТЕРИАЛЬНЫЕ СИМБИОНТЫ ХОЛОДНОВОДНЫХ МОРСКИХ ГУБОК ИЗ БЕЛОГО МОРЯ**

**А.Н. Русанова<sup>1,2,3,\*</sup>, В.А. Мамонтов<sup>2</sup>, А.Б. Трофимова<sup>3</sup>, В.А. Федорчук<sup>4</sup>,  
М.А. Ежова<sup>5</sup>, Д.А. Сутормин<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup> *Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН;*

<sup>2</sup> *Сколковский институт науки и технологий;*

<sup>3</sup> *Институт биологии гена РАН;*

<sup>4</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;*

<sup>5</sup> *Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН*

Морские губки образуют устойчивые симбиотические сообщества с разнообразными эукариотами, прокариотами и вирусами. Ассоциированные с губками микробные сообщества отличаются по составу от сообществ окружающей морской воды и донных отложений и весьма многочисленны, в отдельных случаях составляя до 40 % от объема губки. Ассоциированные с губками бактериисимбионты могут играть роль в защите хозяина от эукариотических и бактериальных инвазий, синтезируя антибактериальные вещества и яды эукариот. Бактерии способны комплементировать метаболизм губки, производя необходимые витамины, а также участвуя в метаболизме биогенных элементов. Облигатные

бактериальные симбионты губок зачастую являются некультивируемыми, что определяет сложность их изучения. Свободные от культивирования метагеномные и метатранскриптомные подходы позволяют идентифицировать состав нативного сообщества и предсказать его метаболические особенности. Методами метагеномики мы изучили бактериальные сообщества, ассоциированные с тремя симпатрическими видами морских губок *Halichondria panicea*, *Halichondria sitiens* и *Isodictya palmata*, образцы которых были отобраны в августе-сентябре 2016, 2018 и 2022 годах в проливе Великая Салма на ББС им. Н.А. Перцова в Кандалакшском заливе Белого моря. Секвенирование ампликонов V3-V4 региона гена 16S рРНК показало, что состав бактериальных сообществ губок отличается от сообщества морской воды, является стабильным и специфическим для каждого вида исследованных губок. Микробиомы всех трех видов губок можно отнести к типу LMA (low-microbial abundance), для которого характерно относительно невысокое  $\alpha$ -разнообразие и доминирование отдельных видов бактерий. В микробиомах каждого вида губок мы идентифицировали обогащенные специфичные OTU (operational taxonomic units), принадлежащие вероятным симбионтам губок. Так, в микробиоме губки *H. panicea* мы обнаружили доминирующую в сообществе OTU 4, которая занимала  $33 \pm 11\%$  от состава бактериального сообщества. OTU 4 была классифицирована как род *Amylibacter* (класс Alphaproteobacteria) и совпадала с последовательностью 16S рРНК бактерии “Candidatus *Halichondribacter symbioticus*” – симбиотической бактерии губки *H. panicea*, ранее обнаруженной в экземплярах из Исландского и Балтийского морей. С микробиомом *H. panicea* также была ассоциирована минорная OTU 23, занимающая  $2 \pm 1\%$  от состава сообщества. Последовательность OTU 23 была отнесена к семейству SAR116 (класс Alphaproteobacteria). Доминирующее положение в микробиоме *H. sitiens* занимала OTU 3, отнесенная к порядку UBA10353 (класса Gammaproteobacteria) и занимающая  $30 \pm 11\%$  от состава бактериального сообщества. Кроме того, с *H. sitiens* были ассоциированы еще три OTU (OTU 7, 9 и 14), занимающие каждая от 3 до 7% от состава сообщества и плохо классифицированные. Микробиом *I. palmata* содержал только одну обогащенную OTU 1, которая занимала  $57 \pm 28\%$  от состава сообщества и была отнесена к семейству EC94 (класс Gammaproteobacteria). Используя методы шот-ган секвенирования короткими (BGI, Illumina) и длинными прочтениями (ONT), из метагеномов мы получили черновые сборки геномов

ассоциированных с губками бактерий. Некоторые геномы имели признаки редукации и несли гены, отвечающие за биосинтез витамина B12 и метаболизм серы, что является симбиотическими признаками. Сравнение геномов показало, что некоторые из обнаруженных бактерий представляют собой новые виды, рода и даже семейства бактерий.

\*Анастасия Николаевна Русанова: *molbiol1970@gmail.com*

## СООБЩЕСТВА ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ И МЕТАНОВЫХ ВЫХОДОВ БЕРИНГОВА МОРЯ

**Е.И. Рыбакова<sup>1</sup> \*, С.В. Галкин<sup>1</sup>, В.В. Мордухович<sup>2,3</sup>, И.О. Нехаев<sup>4</sup>,  
И.Л. Алалыкина<sup>2</sup>, Н.П. Санамян<sup>5</sup>, И.С. Смирнов<sup>6</sup>, Г.М. Виноградов<sup>1</sup>,  
А.А. Прудковский<sup>7</sup>, Е.В. Колпаков<sup>8</sup>, Е.М. Крылова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН;*

<sup>2</sup> *Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН;*

<sup>3</sup> *Дальневосточный федеральный университет;*

<sup>4</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет;*

<sup>5</sup> *Камчатский филиал ФГБУН Тихоокеанского института географии ДВО РАН;*

<sup>6</sup> *Зоологический институт РАН;*

<sup>7</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;*

<sup>8</sup> *Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института  
рыбного хозяйства и океанографии («ТИНРО»)*

В районы восстановительных биотопов в Беринговом море было проведено три экспедиции НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (2016, 2018, 2021), организованные Национальным научным центром морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН. В работах использовали телеуправляемый необитаемый аппарат «Команч 18». Гидротермальные сообщества на вулкане Пийпа (юго-западная часть Берингова моря) впервые были обследованы в 1990 г в ходе 22-го рейса НИС «Академик

Мстислав Келдыш» с помощью обитаемых подводных аппаратов «Мир 1» и «Мир 2». Тогда на Северной и Южной вершинах вулкана были обнаружены активные гидротермальные постройки и обширные бактериальные маты. Наличие сообществ метановых выходов на Корякском склоне в Беринговом море, расположенных на расстоянии ~800 км севернее вулкана Пийпа, было подтверждено в 2018 г в ходе 82го рейса НИС «Академик М.А. Лаврентьев». Ранее в этом районе в уловах донных рыбных тралов были найдены облигатные хемосимбиотрофные двустворчатые моллюски семейства Vesicomidae (Pliocardiinae), указывающие на существование специфических сообществ, основанных на хемосинтетической первичной продукции. На сегодняшний день это самые северные восстановительные сообщества, известные в Тихом океане. Гидротермальные и метановые выходы в Беринговом море располагаются на глубинах от 370 м до 700 м. Восстановительные сообщества этого диапазона глубин представляют особый интерес, поскольку находятся в промежуточной зоне между типичными «мелководными» и «глубоководными» восстановительными биотопами, граница между которыми принята на глубине ~200 м. В гидротермальных сообществах на вулкане Пийпа в ходе экспедиций 2016 и 2018 гг. было обнаружено 130 видов мега- и макрофауны, из которых ~25% являются предположительно новыми для науки. Девять видов были предположительно облигатными для восстановительных биотопов. Среди них двустворчатые моллюски *Calyptogena pacifica*, два вновь описанных вида гастропод *Parvaplustrum wareni* и *Provanna annae*, амфиподы *Onesimoides* sp., описанные новый вид лептострак *Nebalia piipensis* и изопод *Eurycope andreysi*, полихеты *Neosabellides uschakovi*, *Harmothoe globosa* и описанный новый вид *Ophryotrocha beringiana*. Основным отличием между Северной и Южной вершинами вулкана было присутствие калиптоген только на Южной вершине. На Корякском склоне в сообществах метановых выходов и окружающих фоновых сообществах было найдено 335 видов мега- и макрофауны. Сообщества метановых выходов значительно различались на горизонтах глубин 647-695 м и 400-429 м. На больших глубинах в сообществах доминировали хемосимбиотрофные моллюски *Calyptogena pacifica*, тогда как на меньших глубинах доминировали фоновые виды мегафауны: ежи *Brisaster latifrons* на глубине 417-429м и актинии *Sagartiogeton californicus* на глубинах 400-402м. Четыре предположительно облигатных вида для

восстановительных биотопов были общими для районов метановых и гидротермальных выходов Берингова моря: *S. pacifica*, *Neosabellides uschakovi*, *Harmothoe globosa* и *Ophryotrocha beringiana*.

\*Елена Игоревна Рыбакова: [gorolen@mail.ru](mailto:gorolen@mail.ru)

## ОДА ББС МГУ ЗА РАЗВИТИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДРУЖЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В БЕЛОМ МОРЕ

**А.Е. Рыбалко<sup>1,2,\*</sup>, М.Ю. Токарев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> ФГБУ «ВНИИОкеангеология»;

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле;

<sup>3</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Вклад сотрудников ББС в изучение гидробиологии Белого моря трудно переоценить. Но руководство станции всегда поддерживало геологические исследования Белого моря, в частности, Кандалакшского залива, в том числе, в том числе, и выделяя для этого научный флот ББС. Одной из первых таких организаций было ГНПП «Севморгео», которое в течение ряда лет (2011-2014 гг.) проводило работы по Государственному мониторингу Белого моря. Первый рейс на НИС «Научный», состоялся в 2011 году. В результате было проведено впервые для этого района многоканальное непрерывное сейсмоакустическое профилирование, локация бокового обзора и акустическое профилирование. Были выявлены особенности рельефа и локального залегания голоценовых морских осадков, подтверждена сеть разломов. В 2012 году эти работы были продолжены. Впервые для этого был выделен НИС «Студент МГУ», только что вошедший в строй. Было завершено литологическое картирование кутовой части Кандалакшского залива, установлены гидрохимические особенности придонных вод, в том числе и связанные с поступлением пластово-трещинных вод, частично опресняющих нижние горизонты водной толщи. В 2013 году все работы проводились уже в проливе

Великая Салма. Был начат длительный этап изучения толщи четвертичных отложений в этой части Кандалакшского залива. С перерывами эти работы продолжались вплоть до прошлого года. В работах активно участвовали сотрудники ФГБУ «ВНИИОкеангеология», куда переместилась тематика работ по Белому морю, и МГУ (кафедры геологии и геофизики). Эти работы выполнялись уже с НИС «Профессор Зенкевич», который пришел на ББС в 2015 году. В 2023 году были проведены геолого-геофизический рейс на Соловки на средства гранта РФФИ, инженерные изыскания в районе якорной стоянки портов Кандалакша и Витино, напротив Княжей губы. В работах неизменно принимал участие НИС «Профессор Зенкевич», экипажу которого мы глубоко благодарны. В результате нашего сотрудничества с коллективом ББС МГУ им. М.В. Ломоносова были разработаны принципы ландшафтного картирования морского дна, обоснована роль гравитационных процессов в формировании современного покрова донных осадков. Хочется пожелать коллективу станции успешного продолжения своей благородной деятельности по воспитанию новых поколений практических морских гидробиологов, прорывных научных исследований по различным аспектам изучения подводных ландшафтов и сохранения благожелательного отношения к специалистам других научных специальностей, которые все вместе работают на один результат – изучение всех аспектов жизни Кандалакшского залива. Ну, а в нашей памяти Беломорская биологическая станция всегда останется как прекрасный этап нашей научной жизни.

Доклад подготовлен при содействии РФФИ – грант № 22-17-00081.

\* Александр Евменьевич Рыбалко: [alek-rybalko@yandex.ru](mailto:alek-rybalko@yandex.ru)

## ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ И МЕТАМОРФОЗ У ЦИПРИСА FACETOTECTA (CRUSTACEA: THECOSTRACA)

А.С. Савченко\*, Г.А. Колбасов, И.К. Еньшина

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет*

Facetotecta Grygier, 1985 – небольшая группа уникальных ракообразных, которые известны только по личиночным стадиям. Уже более ста лет так называемых Y личинок находят в планктоне всех морей и океанов. Жизненный цикл фасетотект включает лецитотрофных или планктотрофных науплиусов и одну непитающуюся постнауплиальную стадию – Y циприса. В ходе индуцированного метаморфоза из циприса фасетотект удалось получить ипсигон – червеобразную ювенильную стадию, лишенную каких-либо признаков ракообразных (Glenner et al., 2008). По строению Y циприса, а также ипсигона был сделан вывод, что взрослые фасетотекты предположительно ведут эндопаразитический образ жизни. Однако до сих пор неизвестно, какие животные являются хозяевами этих загадочных паразитов. В Белом море обитает один представитель фасетотект *Hansenocaris itoi* Kolbasov et Hoeg, 2003, который является наиболее детально изученным из описанных на данный момент видов. Для *H. itoi* полностью прослежено личиночное развитие с детальным описанием строения каждой стадии, и показано, что у этого вида семь науплиальных стадий, а не пять, как считалось ранее (Kolbasov et al., 2021). Однако внутреннее строение циприсовидной стадии фасетотект до сих пор практически не исследовано. Тем не менее, именно Y циприс обладает рядом уникальных морфологических черт, позволяющих ему выполнять функцию поиска хозяина и закрепления на нем. Так, у циприса фасетотект имеются видоизмененные антеннулы, несущие эстетаск и подвижный крючковидный вырост, сложные глаза, параокулярные выросты неизвестной природы. Лябрум циприса вооружен направленными назад крючками, а также несет крупные поры. Кроме того, у Y циприса имеются специализированные сенсорные структуры (решетчатые органы), гомологичные таковым у всех остальных представителей Thecostraca. Таким образом, изучение анатомического строения инвазионной личинки Facetotecta является крайне интересной и важной задачей. Нам впервые удалось изучить

анатомию циприсовидной личинки *Facetotecta* при помощи современных морфологических методов – конфокальной и трансмиссионной электронной микроскопии. Общее строение впервые показано в виде 3D реконструкции по серии полутонких срезов. Нами достоверно показано отсутствие функциональной кишки у циприсовидной личинки при наличии у него рудиментарного рта и пищевода. Показано наличие открывающихся наружу крупными порами желез, расположенных на лябруме, а также на поверхности карапакса личинки. Нами описан состав и функции мускулатуры, включая мускулатуру лябрума, сложных глаз и антеннул, а также изучено строение центральной нервной системы, показана иннервация основных сенсорных органов Y личинки.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 22-24-0182.

\**Александра Сергеевна Савченко: as.savchenko1@gmail.com*

**ДЕТАЛИ ТОНКОГО СТРОЕНИЯ ПЛАЗМОДИЯ ОРТОНЕКТИД *INTOSHIA LINEI* И ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ХОЗЯИНОМ, НЕМЕРТИНОЙ *LINEUS RUBER***

**Е.К. Скалон\*, Г.С. Слюсарев**

*Санкт-Петербургский государственный университет*

*Orthonectida* – паразитические беспозвоночные, поражающие немертин, моллюсков, турбеллярий, офиур, аннелид и оболочников северного полушария. Это одна из немногих групп беспозвоночных животных, чье филогенетическое положение до сих пор разрешено только до уровня супергруппы *Spiralia*. Отдаленность от известных групп животных заметна у ортонекид как на геномном, так и на морфологическом уровне. Свободноживущая стадия ортонекид, представленная червеобразными плавающими самками и самцами, сохраняет некоторые черты спиралий. Однако паразитическая стадия, так называемый плазмодий ортонекид, крайне редуцирована и утратила большинство признаков билатерий. Плазмодий

ортонектид – это асимметричный многоядерный цитоплазматический организм, который кроме обычных клеточных органелл содержит внутри цитоплазмы отдельные репродуктивные клетки, а также развивающихся самок и самцов свободноживущей стадии. Жизнедеятельность самок и самцов в окружающей среде ограничена половым размножением и продукцией инфекционных личинок. Именно стадия плазмодия является для ортонектид самой продолжительной, на ней реализуются остальные этапы жизни ортонектид: взаимодействие с хозяином, питание, рост, распространение в хозяине, обеспечение развития половых особей. Плазмодий и его отростки могут занимать большую часть тела хозяина, прорастать через мышечную и нервную системы. При этом данные по тонкому строению плазмодия ортонектид ограничены и отрывочны. Не известны детали строения поверхности плазмодия и особенности контакта между плазмодием и тканями хозяина. Крайне мало известно о механизмах и участниках взаимодействия плазмодия с хозяином. Нами сделана попытка реконструировать детали, обеспечивающие взаимодействие в системе «плазмодий ортонектид *I. linei* – немертина *L. ruber*». Среди использованных методов – трансмиссионная электронная микроскопия, 3D-сканирующая электронная микроскопия и транскриптомный анализ плазмодия. Показаны картины взаимодействия между плазмодием и хозяином при помощи разнообразных экскретируемых везикул. Найдены белки ортонектид, которые предположительно содержатся в экзосомах и являются эффекторами паразит-хозяинных взаимоотношений. Реконструировано строение участков поверхности и отростков плазмодия ортонектид. Полученные данные дополняют представления об эволюционных адаптациях ортонектид к паразитизму, а также описывают пример крайней паразитической редукции в группе Spiralia.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 23-24-00193 на базе РЦ «Развитие молекулярных и клеточных технологий» СПбГУ и ЦКП «Биоинформатика» ИЦиГ СО РАН.

\*Елизавета Кирилловна Скалон: [elizavetaskalon@list.ru](mailto:elizavetaskalon@list.ru)

**RHO / ROCK-СИГНАЛЬНЫЙ КАСКАД И ЕГО РОЛЬ В РЕПАРАТИВНЫХ  
МОРФОГЕНЕЗАХ ИЗВЕСТКОВОЙ ГУБКИ  
*LEUCOSOLENIA CORALLORRHIZA***

**К.В. Скоренцева<sup>1,\*</sup>, Н.П. Мельников<sup>2</sup>, А.А. Саидова<sup>3</sup>, А.И. Лавров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН,  
лаборатория эволюции морфогенезов;*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова;*

<sup>3</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, кафедра клеточной биологии и гистологии*

Губки (тип Porifera) – древние многоклеточные животные, одна из наиболее базальных ветвей на дереве многоклеточных, обладатели выдающихся способностей к регенерации за счет крайне высокой пластичности тканей и клеток. Для репаративных морфогенезов известковых губок (кл. Calcarea) характерно формирование уникальной структуры – регенеративной мембраны (РМ), призванной в кратчайшие сроки закрыть отверстие в стенке тела и восстановить нормальный ток воды в организме. Известно, что формирование и трансформация РМ – процесс практически полностью морфаллактический, опирающийся на трансформации эпителио-подобных клеточных пластов экзопинакодермы и хоанодермы. Процессы транс- и редифференцировки, а также значительные смены морфологии клеток в этих пластах возможны благодаря реорганизации систем цитоскелета: актиновых филаментов и микротрубочек. Rho/ROCK сигнальный каскад, обеспечивающий большую часть динамики актинового цитоскелета в клетках животных, является довольно консервативной системой для клеток Eumetazoa. В настоящей работе мы приводим анализ компонентов Rho/ROCK сигнального каскада у известковой губки *Leucosolenia corallorrhiza* и осуществляем функциональный ингибиторный анализ элементов этого каскада с целью выявить роль этой сигнальной системы в формировании регенеративной мембраны на модели кольцевидных фрагментов тела губки. Используются методы иммуноцитохимии, конфокальной микроскопии, ингибиторного и биоинформатического анализа и ПЦР-РВ. По результатам биоинформатического анализа *L. corallorrhiza* обладает всеми консервативными

компонентами Rho/ROCK сигнального каскада с их функциональной доменной структурой. Показана экспрессия найденных ортологов на уровне мРНК в интактных тканях и в РМ. На лидирующем крае РМ формируется актомиозиновый тяж, чье сокращение способствует продвижению мембраны от периферии к центру раны. Динамика процесса носит нелинейный характер, сопровождается периодическими ретракциями лидирующего края. Добавление в среду ингибиторов систем цитоскелета и их регуляторов: латрункулина В (блокирует полимеризацию актиновых филаментов), блеббистатина (селективный ингибитор немышечного миозина II типа), нокодазола (нарушает полимеризацию микротрубочек) и Y-27632 (селективный ингибитор Rho-киназы) приводит к значительному изменению динамики регенерации. В работе проведен функциональный ингибиторный анализ динамики репаративного морфогенеза у представителя типа Porifera, продемонстрированы его возможные механизмы регуляции. Дальнейшие работы в этом направлении позволят дополнить наши знания о морфогенетических процессах многоклеточных и, в перспективе, эволюции многоклеточности в целом.

Работа поддержана грантом РФФИ № 23-74-10005.

\**Ксения Витальевна Скоренцева: skorentseva.ksenya.2016@post.bio.msu.ru*

## **ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЮЖНОГО БЕРЕГА КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА ДИСТАНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ**

**В.В. Смирнова\*, Н.Н. Луговой**

*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова*

Целью исследования являлось выявление пространственно-временных закономерностей геоморфологического строения беломорского побережья Кольского полуострова. Детально рассмотрена полоса побережья протяженностью около 175 км, охватывающая восточную часть Кандалакшского (от м. Турий до м. Лудошного) и западную часть Терского (до устья р. Чаваньга) берегов. На этом

отрезке широкое распространение получили аккумулятивные поверхности морского генезиса. Полевые работы проводились в летний сезон 2021-2023 годов и включали маршрутные наблюдения, геоморфологическую съемку и профилирование, описание разрезов отложений морских террас. Методика дешифрирования основана на анализе данных дистанционного зондирования: топографических карт и космических снимков высокого разрешения, ЦМР FABDEM. В обозначенных границах были оцифрованы террасовидные поверхности (относительно субгоризонтальные или имеющие пологую покатость в сторону моря). Далее для выделенных полигональных объектов в ArcGIS рассчитывалось значение средней абсолютной высоты. Данный показатель ( $h_{cp}$ ) был выбран для сравнения высотного положения террасовых уровней в связи с простотой его извлечения, тогда как получение более геоморфологически оправданных высоты бровки или тылового шва ( $h_{min}$  и  $h_{max}$ ) сопряжено со значительной ошибкой вертикального положения из-за попадания в границы полигонов пикселей раstra, относящихся к уступам с большими градиентами высот. После округления  $h_{cp}$  до целых значений была проанализирована частота встречаемости высотных уровней. Статистически наиболее повторяемые из них, вероятно, имеют трансгрессивную природу и маркируют крупный этап палеогеографии региона. Идентификация возраста морских террасовых уровней и их бассейновой принадлежности осуществлялась путем геоморфологической привязки имеющихся в опубликованной литературе сведений об изученных разрезах и пространственной интерполяции данных литологического, малакофаунистического, диатомового и палинологического анализов, выполненных предшествующими исследователями. Таким образом, выделены комплексы ранне-, средне- и позднеголоценовых древнебереговых образований и создана серия подробных карт геоморфологического строения южного побережья Кольского полуострова. Установлено положение верхней морской границы, имеющей бореальный возраст (на высоте 42-50 м), а также береговых линий, соответствующих максимумам трансгрессий фолас, тапес, тривиа и остреа. В течение голоцена южный берег Кольского полуострова выравнивался, масштабных перемещений береговой линии в будущем не ожидается, поскольку ее положение приближается к унаследованному. Описанный выше метод позволяет выделить градиент сводовой компоненты голоценовых гляциоизостатических движений в пределах полосы прибрежной суши. Наиболее резко береговые

образования снижаются на участке восточнее р. Хлебной, что может связываться с проходящим здесь контактом между гнейсами основания и осадочными породами терской свиты рифея. В перспективе предполагается увеличить разрешение исследования, повысив дробность районирования в соответствии с морфоструктурным обоснованием, что должно помочь в расчленении дифференциальных блоковых движений земной коры, приводящих к «изломам» в высотном нахождении разновозрастных береговых образований.

*\*Вероника Владимировна Смирнова: smirnova\_veronika\_01@bk.ru*

## **ББС МГУ И ЭВОЛЮЦИЯ APICOMPLEXA**

**Т.Г. Симдянов\***

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных*

В докладе рассказывается о роли ББС в исследованиях Apicomplexa – одной из трех основных клад протистов, составляющих группу Alveolata. Из апикомплекса наиболее известны споровики (Sporozoa) – облигатные паразиты животных: грегарины, кокцидии и гемоспоридии. Некоторые споровики вызывают опасные заболевания: малярию, токсоплазмоз и криптоспоридиоз у человека, кокцидиозы и пироплазмозы домашних животных. Понимание путей эволюции паразитизма споровиков сильно осложнено их неравномерной изученностью: лучше всего изучены практически значимые виды, они же наиболее специализированные, тогда как организмы, образующие корень и ствол эволюционного дерева споровиков изучены очень слабо. Это паразиты беспозвоночных: грегарины, протококцидии, а также их свободноживущие предки – хищные жгутиконосцы кольподеллы. Развернувшиеся в последние годы исследования ультраструктуры, физиологии и молекулярной филогенетики этих плезиоморфных организмов, в том числе во многом на материале, собранном на ББС, уже внесли существенный вклад

в понимание путей возникновения и эволюции паразитизма в разных филогенетических линиях Apicomplexa.

\*Тимур Геннадьевич Симдянов: [tgsimd@gmail.com](mailto:tgsimd@gmail.com)

## О РАСПРОСТРАНЕНИИ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ *MUA* *ARENARIA* (LINNAEUS, 1758) В КОЛЬСКОМ ЗАЛИВЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

О.В. Смолькова\*

*Мурманский морской биологический институт РАН*

*Mua arenaria* Linnaeus, 1758 (песчаная ракушка) – двустворчатые моллюски, бореального происхождения, являются важным компонентом прибрежных сообществ. *M. arenaria* выдерживают различные флуктуации факторов среды, оказывают влияние на процессы дертитообразования и осадконакопления, служат индикатором состояния водной среды, что позволяет использовать их для оценки влияния климатических изменений на природную среду Арктики. Молодь, заселяющая верхние слои грунта – важный кормовой объект для морских птиц, промысловых видов рыб. В России исследования данного вида сосредоточены, в основном, в Белом и Балтийском морях, в Азово-Черноморском бассейне. Сведения о распространении *M. arenaria* в Кольском заливе очень фрагментарны. Первые описания двустворчатых моллюсков мелководной части Кольского залива даны К.М. Дерюгиным (1915). В период 1921-1925 гг. сотрудниками Мурманской биологической станции проведены исследования прибрежных участков, по результатам которых *M. arenaria* отмечены от губы Оленьей в северной части залива до устья р. Лавна – в южном колене. В 2005-2007 гг. в ходе береговых экспедиций ММБИ, *M. arenaria* отмечены в верхней сублиторали Кольского залива от п. Ретинское до Абрам-мыса на глубинах от 4 до 12 м (Фролов, 2009), на литоральной части моллюски не встречены. Современные данные о распространении *M. arenaria* в Кольском заливе получены в ходе комплексной береговой экспедиции ММБИ по Кольскому заливу в марте-ноябре 2021 г. Всего собрано и обработано 234 экз. Изучены количественные характеристики, размерно-

возрастной состав поселений моллюсков. В Кольском заливе поселения *M. arenaria* отмечены на литорали западного и юго-восточного берегов среднего и южного колен залива. Средние размеры моллюсков варьируют от  $32,8 \pm 3,0$  мм в губе Ваенга до  $55,6 \pm 2,3$  мм – в губе Ретинская, при средней массе тела  $7,0 \pm 0,9$  г и  $18,2 \pm 2,2$  г соответственно. Наиболее крупное скопление моллюсков расположено в губе Хлебная. Южная граница распространения – мыс Еловый (устье р. Тулома). Исследованные поселения составляют моллюски 4 - 14 лет. Распространение *M. arenaria*, вероятнее всего, определяется гидрологическими особенностями Кольского залива (интенсивностью движения водных масс в губах и заливах, циклоническим перемещением водных масс – в южном колене). Впервые за весь период исследований Кольского залива (1921 - 2021 гг.), *M. arenaria* обнаружены в эстуарной части, на литорали у мыса Еловый (устье р. Тулома). находка указывает на расселение данного вида в южную часть залива. Ранее распространение моллюсков ограничивалось предустьевым участком р. Лавна на западном берегу. Возможной причиной расширения границы распространения и увеличение численности мий в Кольском заливе могут быть климатические изменения и формирование благоприятных условий обитания в районах, ранее не пригодных для этого. Обилие *M. arenaria* также может быть связано со снижением уровня загрязнения Кольского залива и улучшения качества вод.

Работа выполнена по теме гос. задания ММБИ РАН.

\*Ольга Викторовна Смолькова: [sm.olj@mail.ru](mailto:sm.olj@mail.ru)

## **ЦЕЛОМОЦИТЫ ПЕСКОЖИЛА *ARENICOLA MARINA* (ANNELIDA, POLYCHAETA): МОРФОЛОГИЯ И ИММУННЫЕ ФУНКЦИИ**

**М.В. Становова\***

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Одним из наименее изученных вопросов в области биологии беспозвоночных животных является организация и функционирование иммунной, или защитной, системы. Тем не менее, именно эта система является ключевой в обеспечении жизни

любого многоклеточного организма в потенциально опасной внешней среде. Annelida – одна из ключевых групп первичноротых животных. Несмотря на разнообразие и экологическую значимость этой группы, с иммунологической точки зрения она остается относительно слабо изученной. Основным компонентом иммунной системы аннелид являются свободные клетки целомической жидкости – целомоциты. Они обеспечивают распознавание чужеродного материала, его последующую элиминацию или изоляцию. Целомоциты также продуцируют гуморальные факторы, участвующие в иммунном ответе. На данный момент не существует единой системы классификации целомоцитов аннелид. Основным критерием для типирования этих клеток была и остается их морфология, что не дает представления о функциональности разных типов целомоцитов. Имеющиеся в литературе данные получены с использованием различных подходов и часто сложно сравнимы друг с другом. Для наиболее полного понимания значения целомоцитов в жизнедеятельности целого организма необходимо иметь представление не только о морфологии и структуре клеточной популяции, но и непосредственно о функциональности этих клеток, в частности, их роли в иммунных реакциях. Основной целью исследования являлся комплексный анализ состава и функций популяции целомоцитов у морского пескожила *Arenicola marina* (Linnaeus, 1758) с использованием современных микроскопических, биохимических и молекулярно-генетических методов и сравнение полученных данных с информацией по другим видам. На основании собственных данных, обобщенных с литературными, мы провели ревизию классификации целомоцитов пескожила по морфологическим признакам и выделили 5 морфологически отличных типов этих клеток. В рамках исследования экспериментально подтверждена избирательная иммунная реактивность разных типов целомоцитов. Нам удалось частично связать морфологию типов целомоцитов с их ролью в защитных реакциях разного характера. Впервые для представителя группы аннелид получен транскриптом целомоцитов. На основе анализа транскриптома описаны ключевые группы молекул, обеспечивающие системный иммунный ответ. Полученный нами транскриптом целомоцитов позволит оценивать участие отдельных белков, экспрессируемых в разных типах целомоцитов, в организации иммунного ответа. Первичный анализ транскриптома значительно расширяет представления о составе молекулярных факторов иммунитета у морских аннелид. Описанный нами набор

белков, потенциально задействованных в системном иммунном ответе, является необходимой базой для дальнейших функциональных и сравнительных исследований. Дальнейшее изучение целоцитов других видов морских аннелид с применением подобного комплексного подхода позволит значительно расширить представления об иммунных системах аннелид и беспозвоночных животных вообще.

\*Мария Владиславовна Становова: [mvstanovova@yandex.ru](mailto:mvstanovova@yandex.ru)

## **РЕГЕНЕРАЦИЯ КОЛЬЧАТЫХ ЧЕРВЕЙ: В ЧЕМ ПРИЧИНА РАЗЛИЧИЙ?**

**В.В. Старунов<sup>1,2,\*</sup>, С.Е. Платова<sup>1,2</sup>, М.А. Нестеренко<sup>1</sup>, З.И. Старунова<sup>1</sup>,  
К.В. Шунькина<sup>1</sup>, Е.Л. Новикова<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Зоологический институт РАН;

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

Большинство ныне живущих многоклеточных организмов обладает в той или иной мере способностью к регенерации. Кольчатые черви (Annelida, Lophotrochozoa) в этом отношении являются одной из наиболее интересных групп для исследования. Среди них можно найти как представителей, способных полностью восстанавливаться из единственного сегмента, так и практически неспособных к репаративной регенерации. Такая неравномерность вызывает ряд вопросов. Почему одни черви могут с легкостью восстанавливать утраченные части, а другие нет? Каким образом происходят регенеративные процессы, и какие механизмы лежат в их основе? В настоящее время становится понятно, что только комплексный подход к проблеме регенерации кольчатых червей может дать нам ответ на вопрос, что стало причиной такого удивительного многообразия их регенеративных способностей. Нами была предпринята попытка сравнить морфологические, цитологические и молекулярные аспекты регенерации двух видов кольчатых червей с разными восстановительными потенциями. В качестве модельных объектов были взяты два вида: *Pygospio elegans*, способный восстанавливать как передний, так

и задний концы тела, и *Planarians dumerilii*, регенерационные способности которого ограничены лишь восстановлением заднего конца тела. Сравнение регенерации *P. elegans* и *P. dumerilii* показало сходство общего хода репаративных процессов только на начальных этапах заживления раны и формирования бластемы. Конкретные детали регенеративных процессов, такие как относительное время формирования тех или иных структур, а также динамика экспрессии отдельных генов могут существенно различаться. Утрата регенерационных способностей у *P. dumerilii* может быть связана с переопределением функций ключевых для регенерации генов, либо приобретением ими новых функций, в результате чего происходит сбой в процессах восстановления позиционной информации, приводящий в случае повреждения либо к неправильной регенерации, либо вообще к ее остановке.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ 21-14-00304. Исследования проведены с использованием оборудования ЦКП «Таксон» ЗИН РАН.

\**Виктор Вячеславович Старунов: starunov@gmail.com*

## **КТО БЫСТРЕЕ? АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ РЕГЕНЕРАЦИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У *PYGOSPIO ELEGANS* (ANNELIDA, SPIONODAE)**

**З.И. Старунова<sup>1, \*</sup>, К.В. Шунькина<sup>1</sup>, Е.Л. Новикова<sup>1, 2</sup>, В.В. Старунов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Зоологический институт РАН;

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

Спионида *Pygospio elegans* обладает широкими регенерационными возможностями. Черви могут отращивать как передней конец, так и задний, а могут даже восстанавливать все тело из нескольких сегментов. В ходе регенерации важную интегративную роль играет нервная система. Мобилизация нервных элементов начинается уже на 1-2 сутки после операции. Целью данной работы было сравнение различных нейромедиаторов при передней и задней регенерации у *P. elegans*.

*P. elegans* были собраны на литорали в районе морской биологической станции «Дальние Зеленцы» Баренцева моря. Для изучения процессов регенерации червей разрезали пополам, содержали в чашках с морской водой при температуре +18° С и фиксировали в определенных временных точках 0, 4, 10, 18, 24 часов после ампутации (чпа) и 2, 3, 4, 7 дней после ампутации (дпа). Для исследования регенерации нервной системы образцы окрашивали антителами к ацетилированному тубулину, гистамину, гамма-аминомасляной кислоте (ГАМК), серотонину и FMRF-амиду. Также выявляли катехоламины при помощи гистохимического метода конденсации моноаминов с глиоксиловой кислотой. Готовые препараты изучали при помощи конфокального микроскопа Leica TCS SP5. Первые катехоламин-, серотонин- и FMRFамид-положительные элементы удается обнаружить в составе нервных волокон на второй день после ампутации. На третий день серотонин- и FMRFамид-положительные волокна в головном регенерате прорастают в область будущего простомиума и образуют петлю. Первые гистамин- и ГАМК-положительные элементы появляются через 3 дпа в головном регенерате. Также, на 3 дпа в хвостовом регенерате все нейроактивные субстанции в составе нервных волокон прослеживаются до формирующегося пигидия. После этого регенерация нервной системы к 7 дню после операции идет очень быстро и происходит восстановление большинства нервных элементов. Общий ход регенерации нервной системы сопоставим с таковым, описанным для других видов аннелид. Сравнение полученных данных между собой свидетельствуют о неодинаковой динамике восстановления для различных нейротрансмиттеров. Первыми в область регенерата начинают прорастать серотонин- и FMRF-амидергические элементы, затем ГАМК- и катехоламинергические. Гистаминергическая система восстанавливается наиболее медленно. Предположительно, выявленные различия могут соответствовать различиям в динамике развития данных компонентов нервной системы в личиночном развитии.

Исследование выполнено при поддержке Российского Научного Фонда, грант 21-14-00304. Работы проведены на базе ЦКП «Таксон», Зоологический институт РАН.

\*Зинаида Игоревна Старунова: [z.starunova@gmail.com](mailto:z.starunova@gmail.com)

## БИОЛОГИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ РАКООБРАЗНЫХ ПОДКЛАССА TANTULOCARIDA

К.С. Табачникова\*, А.С. Савченко

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова*

Tantulocarida Boxshall & Lincoln, 1983 – подкласс миниатюрных (100-400 мкм) рачков, паразитирующих исключительно на мейобентосных ракообразных. На сегодняшний день описано 39 видов тантулокаррид, относимых к пяти семействам. В Белом море обитает два вида представителей подкласса – *Microdajus tchesunovi* Kolbasov & Savchenko, 2010 и *Arcticotantulus pertzovi* Kornev, Tchesunov & Rybnikov, 2004. Тантулокарриды характеризуются сложным жизненным циклом с чередованием полового и партеногенетического поколений (Huys et al., 1993). Инфекционной стадией является тантулюс – свободноплавающая личинка, которая ищет хозяина и прикрепляется к нему. Тантулюс питается за счет рака-хозяина и впоследствии развивается в партеногенетическую самку или в половых особей, самца или самку. На примере беломорских видов детально изучена анатомия тантулюса (Petrunina et al., 2018). Филогенетическое положение тантулокаррид не определено. На беломорских паразитах предпринята первая попытка уточнения филогенетического положения с помощью молекулярных данных (по последовательности гена 18S). Показано, что *M. tchesunovi* и *A. pertzovi* попадают в Thecostraca как сестринский таксон Cirripedia (Petrunina et al., 2013). С целью оценки степени изученности таксона Tantulocarida была составлена база данных о находках тантулокаррид по литературным источникам. В базу заносились: таксономическая принадлежность паразита, жизненная стадия, информация о хозяине, координаты и глубина наблюдения. Показано, что тантулокарриды паразитируют исключительно на ракообразных, а их самыми популярными хозяевами (для порядка 35 % видов) являются гарпактициды (для *A. pertzovi*, например) и клешненоносные ослики (для *M. tchesunovi*). Большинство (около 70 %) представителей таксона можно охарактеризовать как высоко специфичных паразитов, которые встречаются только на одном виде (роде) хозяев. Для четверти видов хозяин не известен вовсе. Представители подкласса распространены повсеместно – от арктического до антарктического зональных поясов. Наиболее

изученными регионами являются воды Северного моря и северо-восточной части Атлантического океана, где обитают 7 видов тантулокаррид. Паразиты задокументированы и еще севернее – у берегов Гренландии. Тантулокарриды водятся в широком диапазоне глубин (7 - 5726 м). Группа преимущественно является глубоководной, наибольшее число видов (30%) обнаружено в батии (глубины 2500 - 4000 м). *A. pertzovi* и *M. tchesunovi* собраны вблизи Крестовых островов (Великая Салма, Кандалакшский залив Белого моря) с глубин всего порядка 30-40 м. Таксон можно охарактеризовать как изученный недостаточно. Около трети всех видов описаны по одной стадии – тантулюсу, для пяти видов приводится описание двух стадий, личинки и самца. Только для одного вида собраны сведения о всех стадиях жизненного цикла. Стадия половой самки известна только для двух видов. Многочисленны неидентифицированные находки, потенциально являющиеся новыми для науки видами.

\*Ксения Семеновна Табачникова: [ktabachnikova@yandex.ru](mailto:ktabachnikova@yandex.ru)

## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И РАЗВИТИЯ АРКТИЧЕСКОЙ ФОРОНИДЫ *PHORONIS OVALIS*

Е.Н. Темерева\*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Форониды – группа морских беспозвоночных, имеющих всесветное распространение. В составе типа насчитывается всего 15 видов, большинство из которых являются космополитами. К видам космополитам относится и *Phoronis ovalis*. Его находки зарегистрированы в Тихом океане у берегов Новой Зеландии, Канады, Курильских островов, в Охотском море. В Атлантическом океане этот вид отмечен у побережья США, в Ирландском и Северном морях, в Средиземном море. В то же время *Phoronis ovalis* – это единственный вид форонид, обитающий в арктических водах: его находки отмечены в Баренцевом и в Белом морях. *Phoronis ovalis* – это одна из самых маленьких форонид, максимальная длина тела взрослого

червя составляет 1,5 см, а обычно лишь 1 см. Для сравнения его сородичи могут иметь гораздо большие размеры тела: 5 - 12 см и даже 45 см. Лофофор у *Phoronis ovalis* имеет самую простую среди всех форонид морфологию и несет всего 20 - 24 щупальца. На лофофоре находятся два, а не один, как у других форонид, нервных центра, связанные с двумя нервными трактами, проходящими внутри и снаружи круга щупалец. Мускулатура лофофора и туловища *Phoronis ovalis* более сложно устроена по сравнению с другими форонидами. Так, мускулатура туловища кроме обычных кольцевых и продольных мышц, включает радиальные и диагональные мышцы, а так же мышцы ретракторы глотки. Кровеносная система так же демонстрирует более сложное строение по сравнению с другими представителями типа: три, а не два продольных кровеносных сосуда проходят вдоль всего тела. *Phoronis ovalis* – это единственная форонида, в развитии которой имеется не планктотрофная, как у других форонид, а лецитотрофная ползающая личинка. При этом многие вопросы репродуктивной биологии этого вида до сих пор остаются неизвестными: является ли этот вид раздельнополым или гермафродитом, как происходит формирование сперматофоров, ведь у этого вида не описано лофофоральных органов, которые имеются у всех других форонид, как происходит осеменение и т.д. Перед нерестом у материнского организма происходит аутономия переднего конца тела и через образовавшееся отверстие оплодотворенные яйца выходят в просвет трубки, в которой живет взрослый червь. Яйца приклеиваются к внутренним стенкам трубки и развиваются до стадии гастрюлы. После этого личинки покидают материнскую трубку, 3 - 4 дня ползают по субстрату рядом с материнской особью, а затем претерпевают метаморфоз. Интересно, что ползающая лецитотрофная личинка *Phoronis ovalis* не похожа на актинотрох других форонид, но морфологически соответствует самым ранним стадиям развития планктотрофных личинок. Это так называемая “head-like larva” – «личинка-голова», которая является первой питающейся стадией у всех других форонид. *Phoronis ovalis* – представляет собой удивительный пример относительной сложности анатомического строения при крошечных размерах тела. Особенности репродуктивной биологии *Phoronis ovalis* вполне соответствуют «правилу Торсона» (Thorson's rule).

Работа выполнена при поддержке РФФ (№ 23-14-00020).

\*Елена Николаевна Темерева: [temereva@mail.ru](mailto:temereva@mail.ru)

## О СТРОЕНИИ ТРУБОК, В КОТОРЫХ ЖИВЕТ АРКТИЧЕСКАЯ ФОРОНИДА *PHORONIS OVALIS*

Е.Н. Темерева\*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Форониды (*Phoronida*) – группа морских червеобразных животных, взрослые особи которых являются обитателями бентоса. В составе типа *Phoronida* насчитывается всего 15 видов, которые распределены в двух группах: сверлящие и обитающие в толще мягкого субстрата. Раньше считалось, что это две экологические группы, однако, сейчас показано, что такое подразделение имеет и таксономическую значимость. Форониды, обитающие на мягких грунтах, поселяются на субстратах разных типов: ил, заиленный песок, хорошо промытый песок. Сверлящие форониды живут в толще известкового субстрата, в качестве которого выступают горные породы, раковинки моллюсков, домики ракообразных. Вне зависимости от места обитания, все форониды строят трубки. Основу трубок форонид составляет органический цилиндр, вещество которого продуцируют железистые клетки покровного эпителия. Органический цилиндр состоит из многих спрессованных друг с другом тонких слоев, каждый из которых в свою очередь представляет собой плотную сеточку из тонких нитей. Каждая нить – это волокно, выделяемое одной железистой клеткой. Упаковка отдельных органических волокон у форонид хаотическая, в отличие от, например, большинства аннелид, строящих трубки. В строении органического цилиндра имеются базофильные и ацидофильные участки, а сам он различается по структуре: в его составе можно выделить внутренний, средний и внешний слои. Внешний слой инкрустирован частицами грунта, которые у форонид никогда не склеены между собой, в отличие от трубок тубикольных аннелид. *Phoronis ovalis* – единственный вид форонид, обитающий в арктических водах. Представители этого вида характеризуются многими нетипичными для других форонид чертами строения и развития. Как оказалось, *Phoronis ovalis* имеет и уникальное строение трубки, которое ранее не было описано для представителей типа. Этот вид является сверлильщиком и поселяется в толще створок двустворчатых моллюсков. В Белом море он был обнаружен в створках мертвых гребешков и митилид. В толще среднего слоя раковины *Phoronis ovalis*

сверлит разветвленные ходы, которые выстланы трубкой. По сравнению с трубками других изученных видов форонид у *Phoronis ovalis* самая тонкая трубка – ее толщина не превышает 5 мкм. У *Phoronis ovalis* трубка состоит всего из нескольких, а не из многих слоев. Отдельные слои образованы не тонкими волокнами, как у других форонид, а аморфным веществом без выраженной структуры. Между самым внутренним слоем и наружными имеется пространство, которое заполнено аморфным материалом и содержит включения различной природы: это могут быть неорганические частицы или секреторные везикулы железистых клеток покровного эпителия. Все слои органического цилиндра, а так же апикальные части некоторых эпителиальных клеток окрашиваются при инкубации пустых трубок или животных в трубках в растворе с красителем Calcofluor White. Выраженная окраска свидетельствует о наличии аморфного хитина в органическом цилиндре трубок *Phoronis ovalis*.

Работа выполнена при поддержке РФФ (№ 23-14-00020).

\*Елена Николаевна Темерева: [temereva@mail.ru](mailto:temereva@mail.ru)

## **СТРОЕНИЕ ПОЛОСТИ ТЕЛА У *PARASAGITTA ELEGANS***

**А.О. Уразаева\*, Е.Н. Темерева**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

Chaetognatha – двусторонне-симметричные многоклеточные животные, повсеместно распространенные в Мировом океане. Морские стрелки питаются веслоногими и ветвистоусыми рачками, составляя важное звено пищевой цепи между зоопланктоном и рыбами. Многие аспекты анатомии и биологии хетогнат, имеющие большое значение для понимания филогении и эволюции группы, до сих пор остаются предметом острых дискуссий. Тело морских стрелок разделено поперечными септами на голову, туловище и хвост. В каждой части тела находится пара целомов, разделенных продольными мезентериями. Кроме того, отделами целома являются мужские и женские гонады, находящиеся в туловище и хвосте

соответственно. Кровеносная система представлена полостями между внутренними органами и специализированным целотелием. Главные органы кровеносной системы – дорсальный кровеносный синус, проходящий по спинной стороне кишечника, вентральный синус, окружающий вентральный нервный центр, и задний синус, расположенный в области хвостовой септы. В голове морских стрелок также присутствуют кровеносные синусы. Кроме того, ранее мы обнаружили у глубоководной *Eukrohnia hamata* в хвостовой мезентерии парные кровеносные сосуды, но эти данные еще не были опубликованы. В данной работе изучено строение полостей тела у половозрелых и ювенильных особей беломорского вида *Parasagitta elegans* (Verrill, 1873). Материалом для работы послужили ювенильные и взрослые особи *Parasagitta elegans*. Материал отбирали из планктонных проб, собранных в Кандалакшском заливе Белого моря в июле 2022 года. Животных фиксировали 2,5 % глутаральдегидом на какодилатном буфере, постфиксировали в 1 % растворе OsO<sub>4</sub>, дегидратировали и заключали в смолу Embed-812. Затем животных ультратомировали и получали серии поперечных и продольных срезов головной, туловищной и хвостовой частей тела. Срезы обрабатывали в программе Amira для получения 3D реконструкций. В этих участках были сделаны ультратонкие срезы, которые изучали в трансмиссионный электронный микроскоп. Полученные нами результаты позволяют провести более точную и детальную реконструкцию циркуляторной и целомической систем *Parasagitta elegans*, в том числе выявить некоторые ранее не описанные особенности. Так, нами показано, что у взрослых особей головная септа имеет сложную форму и представляет собой не просто поперечную перемычку, а имеет глубокую медиальную инвагинацию туловищной составляющей. У взрослых особей в области головной септы обнаружены крупные латеральные сосуды, ранее не описанные для этого вида. Мы предполагаем, что эти латеральные синусы в области головной септы представляют собой части единого крупного кольцевого сосуда головы. У взрослых особей хвостовая септа образует глубокие латеральные впячивания в хвостовой области и формирует парные дорзальные и вентральные карманы, глубоко вдающиеся в туловищный целом. У ювенильных особей и головная, и хвостовая септы имеют более простую форму по сравнению с половозрелыми особями.

Работа выполнена при поддержке РФФ 23-17-00121.

\*Анастасия Олеговна Уразаева: [urazaevanas@gmail.com](mailto:urazaevanas@gmail.com)

# БИОГЕННЫЙ МОРФОЛИТОГЕНЕЗ НА МОРСКИХ БЕРЕГАХ ОСТРОВА САХАЛИН

**А.Б. Фаустова\*, В.В. Афанасьев**

*Сахалинский государственный университет*

Биогеоморфологические морфогенетические системы – особый тип геоморфологических систем, развитие которых определяет биогеоценоз – природная система функционально взаимосвязанных живых организмов и компонентов окружающей их абиотической среды, характеризующаяся определенным энергетическим состоянием, типом и скоростью обмена веществом и информацией. Гидро-биогеоморфологические системы характеризуются «накопительным» биогеохимическим типом литогенеза с «энергоемкими» физико-химическими свойствами. Это пресноводные и морские геоэкосистемы (эстуарно-лагунные, болотные, озерные и т.д.) где формируются органогенные энергоемкие отложения: сапропели, торф, янтарь. В своем развитии они проходят длительный путь от бассейна прибрежно-морского осадконакопления до аллювиально-морских равнин. В докладе рассмотрена роль геоморфологических условий для развития этих систем формирования, накопления, преобразования энергоемких отложений. При решении задач управления прибрежными водно-болотными угодьями путем их ускоренного программируемого формирования происходит слияние разнородных гидро-биогеоморфологических систем; поглощение и трансформация существующих и возникновение на их месте природно-антропогенных систем с унаследованными, или природоподобными свойствами и структурой.

*Александра Борисовна Фаустова: afaustova@yandex.ru*

## ОРГАНИЗАЦИЯ РЕСНИЧНЫХ СТРУКТУР *DINOPHILUS VORTICOIDES*

Е.Г. Фофанова\*

*Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН,  
лаборатория сравнительной физиологии развития*

*Dinophiliformia* недавно выделенная группа, родственная *Pleistoannelida*. Представители этой группы давно представляют интерес для исследователей. Недавно было показано, что устройство ресничного аппарата простомиума *Dimorphilus gyrociliatus* сложнее, чем представлялось ранее. Было показано, что *D. gyrociliatus* обладает фильтрующим аппаратом, включающим прототрох, метатрох и адоральную ресничную зону. *Dinophilus vorticoides* является близким видом, однако современные данные по организации ресничного аппарата в целом и ресничного аппарата простомиума нет. Цель настоящей работы – провести морфологический анализ устройства ресничного аппарата *D. vorticoides* на стадии трохофоры, ювенильной и половозрелой особи, а также сравнить его с *D. gyrociliatus*. Мы использовали флуоресцентное маркирование антителами к тубулину, маркирование фаллоидином и DAPI для выявления ресничных структур, границ клеток и ядер соответственно в сочетании с современным конфокальным микроскопом. Первые ресничные клетки прототроха появляются на стадии ранней трохофоры. На стадии средней и поздней трохофоры выявляются один ряд ресничных клеток, формирующий прототрох. У ювенильной особи в течение 7 дней после вылупления выявляется один ряд клеток, формирующих прототрох и симметричные ряды клеток образующие метатрох. Однако у половозрелых особей в области простомиума по-прежнему выявляется только один ряд клеток, формирующих прототрох. Кольцевые ресничные шнуры на теле *D. vorticoides* появляются, начиная со стадии поздней трохофоры и развиваются в переднезаднем и вентро-дорсальном направлении. Также на стадии поздней трохофоры формируется акротрох и сенсорные пучки ресничек на фронтальной части простомиума. У ювенильных особей в течение семи дней после вылупления выявляется 6 ресничных шнуров в туловищном отделе. У половозрелых особей в туловищном отделе выявляется 11-12 ресничных шнуров, а также многочисленные пучки ресничек в промежутках между кольцевыми шнурами. У *D. gyrociliatus*

фильтрующий аппарат в области простомиума сохраняется в течение всей жизни, а также есть глоточный бульбус, что обеспечивает два варианта добычи пищи: фильтрацию и скобление. У *D. vorticoides* структура, напоминающая фильтрующий аппарат выявляется только на стадии ювенильной особи, однако у взрослой особи она пропадает. Тем не менее, ювенильные и взрослые особи *D. vorticoides* обладают мощным глоточным бульбусом, что делает скобление единственным вариантом добычи пищи. Дополнительные пучки ресничек между кольцевыми шнурами у *D. gyrociliatus* отсутствуют, а назначение этих структур у *D. vorticoides* еще предстоит выяснить. Данные результаты дополняют представление о ресничном аппарате *D. vorticoides*, а также подтверждают большую выраженность педоморфоза у *D. gyrociliatus*.

Автор благодарит ЦКП ББС МГУ и ЦКП ИБР РАН, на оборудовании которых проведена данная работа.

\*Елизавета Геннадьевна Фофанова: [lizchenbio@mail.ru](mailto:lizchenbio@mail.ru)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗРАСТА БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ РОССИИ (ВИДЫ РОДА *BUCCINUM*) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТОЛИТОВ**

**О.А. Хорошуткина\*, Д.О. Сологуб, А.И. Поветкин**

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и  
океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»)*

Определение индивидуального возраста животного – важный этап в изучении закономерностей роста и развития, размерно-возрастной структуры популяции и популяционной динамики, а также других аспектов биологии вида. Для брюхоногих моллюсков применяется ряд методов (Hollyman et al., 2018), однако рутинного универсального метода определения возраста не разработано. Для видов р. *Buccinum* северных морей России (например, *B. undatum*, *B. angulosum*), А.Н. Голиков (1980)

применял определение возраста по отметкам на оперкулуме в сочетании с исследованием размерной структуры популяций. При этом оперкулумы, как внешние регистрирующие структуры, могут страдать от эрозии и травм и, как следствие, плохо читаться (Kideys, 1996). Определение возраста по отметкам на статолитах имеет ряд преимуществ и с успехом применяется к видам рода *Viccinum* и к другим гастроподам (Hollyman et al., 2018). Целью нашей работы является апробация методики на видах северных морей России (*V. angulosum*, *V. oedematum*, *V. scalariforme rhodium*). Материалы были собраны в сентябре 2021 года в Беринговом море, в районе, ограниченном координатами 61°12' - 63°20' с.ш., 176°32' в.д. - 177°28' з.д. на глубинах 84 - 328 м. Всего было отобрано 7 экз. *V. angulosum*, 7 экз. *V. oedematum*, 4 экз. *V. scalariforme rhodium*. Произведен биологический анализ всех моллюсков (измерение высоты и ширины раковины, длины устья,  $m$  моллюска и  $m$  раковины, длины и ширины оперкулума). Для извлечения статолитов тело моллюска вскрывалось, статолиты извлекали, очищали, закрепляли на предметном стекле и шлифовали, подсчитывали количество кольцевых отметок, измеряли общий диаметр и диаметры отметок, соответствующих, предположительно, выклеву моллюска и годовым остановкам роста. Возраст моллюсков оценен двумя методами: по кольцевым отметкам на статолитах и отметкам роста на оперкулуме. Для *V. angulosum* оцененный возраст составил 7 - 9 лет по статолитам, 9 - 10 лет по оперкулумам (CV (ср) = 13,7%, d (стат): 250,9 - 276,8 мкм, высота раковины 53,6 - 74,9 мм); для *V. oedematum* – 8 - 12 лет по статолитам, 11 - 13 лет по оперкулумам (CV (ср) = 14,1 %, d (стат): 272,9 - 306,2 мкм, высота раковины 68,4 - 86,2 мм); для *V. scalariforme rhodium* – 10 - 11 по статолитам, 10 - 11 по оперкулумам (CV (ср) = 3,3 %, d (стат): 297,8 - 301,9 мкм, высота раковины 77,5 - 80,7 мм). Определение возраста брюхоногих моллюсков с использованием периодических отметок на статолитах – перспективный метод, обладающий рядом преимуществ. В то же время, его применение для брюхоногих моллюсков северных морей России требует дополнительных исследований.

\*Ольга Андреевна Хорошутина: [olga.khoroshutina@gmail.com](mailto:olga.khoroshutina@gmail.com)

## КАК ИЗМЕНИЛАСЬ ФАУНА БЕЛОГО МОРЯ ЗА СТО ЛЕТ? ПЕРВЫЙ ШАГ – АНАЛИЗ ВИДОВЫХ СПИСКОВ

А.Б. Цетлин<sup>1</sup>, А.Э. Жадан<sup>1</sup>\*, И.И. Гордеев<sup>1</sup>, Н.Ю. Неретин<sup>1</sup>, А.И. Азовский<sup>1</sup>,  
К.Н. Кособокова<sup>2</sup>, В.О. Мокиевский<sup>2</sup>, А.В. Ересковский<sup>3</sup>, И.А. Косевич<sup>1</sup>,  
А.А. Прудковский<sup>1</sup>, И.А. Чернева<sup>1</sup>, А.Д. Наумов<sup>4</sup>, А.Л. Михлина<sup>1</sup>,  
Е.В. Богомолова<sup>1</sup>, Н.Н. Шунатова<sup>3</sup>, А.И. Кокорин<sup>1</sup>, Н.В. Шабалин<sup>1</sup>,  
А.И. Исаченко<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет;*

<sup>2</sup> *Институт океанологии РАН им. П.П. Ширшова;*

<sup>3</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет;*

<sup>4</sup> *Зоологический институт РАН;*

<sup>5</sup> *ООО «Арктический научный центр»*

Арктический регион и его морские биологические системы в последние десятилетия находятся в центре внимания исследователей многих стран из-за наблюдающихся там климатических изменений и усиления хозяйственной деятельности человека. Для того чтобы оценить степень толерантности арктической биоты к меняющимся условиям и своевременно регистрировать происходящие в ней изменения, необходимо иметь обоснованное и адекватное представление о состоянии ее биологического разнообразия: видовом составе, структуре популяций и способах адаптации арктических гидробионтов к условиям обитания. Фауна беспозвоночных арктических морей, и Белого моря, в частности, изучена далеко не полностью. За последние сто лет многие виды были переименованы, сведены в синонимы, перенесены в другие рода, разделены на два или более. Кроме того, произошли новые вселения и зарегистрированы новые находки для Белого моря. Поэтому было необходимо провести работу по сверке видовых списков по всем группам беспозвоночных и приведению их в единый вид. Специалисты по разным группам животных (Porifera, Hydrozoa, Nemertea, Polychaeta, Mollusca, Rycnogonida, Bryozoa, Crustacea, Echinodermata) проанализировали литературные данные, базы данных, собственные материалы и результаты, и составили описание современного состояния фауны беспозвоночных Белого моря. Итоговый список включает в себя

2450 видов и подвидов (включая мейобентос, но исключая простейших и насекомых), из них 1448 видов и подвидов макрозообентоса и планктона, прошедших экспертную оценку. Однако, по результатам работы экспертов, 200 из этих видов были признаны ошибочно указанными для Белого моря, а обитание в регионе еще 168 видов вызывает сомнения. Количество отмеченных в Белом море видов макрозообентоса за прошедший век значительно возросло – так, в границах исследованных нами групп прирост числа видов составил не менее 50 %. Однако, это увеличение числа видов неодинаково в разных группах: так, число видов немертин и иглокожих выросло очень незначительно, а число видов полихет, моллюсков и ракообразных возросло существенно. При этом число видов отдельных групп, например морских пауков, напротив, снизилось. Вместе с тем, состав голопланктонной фауны за этот период практически не претерпел изменений. Полученные результаты показывают, что хотя Белое море является одним из наиболее активно изучаемых арктических морей, в том числе и в плане биоразнообразия, установление точных списков видов многих групп бентосных беспозвоночных в этом водоеме по-прежнему является важной и актуальной задачей современных биологических исследований.

\**Анна Эльмировна Жадан: azhadan1@gmail.com*

***PHILINISSIMA DENTICULATA (GASTROPODA, CEPHALASPIDEA, AGLAJIDAE) ИЗ БЕЛОГО МОРЯ – ПЕРВАЯ АГЛАИДА В АРКТИКЕ***

**Е.М. Чабан<sup>1</sup> \*, И.А. Екимова<sup>2</sup>, Е.Н. Никитенко<sup>2</sup>, Д.М. Щепетов<sup>3</sup>, П.А. Любин<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> *Зоологический институт РАН;*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;*

<sup>3</sup> *Университет МГУ-ППИ в Шеньчжэне*

*(ShenZhen MSU-BIT University, Shenzhen, China);*

<sup>4</sup> *Институт проблем экологии и недропользования АН Республики Татарстан*

Восемь лет назад (в 2015 г.) в пробе илистого грунта, собранного водолазами на ББС

ЗИН Картеш был найден один живой экземпляр *Philine denticulata* (J.Adams, 1800) (семейство Philinidae). Этот вид в фауне России известен из Баренцева моря по фиксированному материалу. Если для видов род *Philine* Ascanius, 1774 характерны частично редуцированная раковина, полностью покрытая мантией, наличие жевательных пластинок в гиззарде и сложный копулятивный аппарат, то у *P. denticulata* жевательных пластинок нет, копулятивный аппарат – короткая простата и пениальная папилла, и раковина наружная. Особенности морфологии этого вида позволяли однозначно описать новый род. Однако, интересно было определить положение такого рода в составе отряда Cephalaspidea. Одного экземпляра оказалось недостаточно для молекулярно-филогенетического анализа. Летом 2022 г. на ББС МГУ в трале из губы Ермиловской нами были собраны 18 экземпляров *P. denticulata*. Материал был изучен *in vivo* в условиях стационара, были получены кладки и сделаны фиксации в 70° и 96° спирте и глутаре для морфологического и молекулярно-филогенетического анализов. По результатам исследования с использованием COI, 16S, 28S H3 молекулярных маркеров для этого вида описан новый род *Philinissima* Chaban, Ekimova & Schepetov, 2023 в составе близкого к Philinidae семейства Aglajidae. Аглаиды – как правило, яркоокрашенные хищные моллюски, живущие на мелководьях в тропиках и бореальных водах. *Philinissima denticulata* встречается вдоль побережья Мурмана и в верхней сублиторали Белого моря, и представляет бореальный элемент в арктическом регионе. Это первый пример нахождения аглаид в Арктике. Этот вид обладает плезиоморфными для надсемейства Philinoidea признаками. *Philinissima denticulata* собраны в биоценозе, богатом растительными остатками, где многочисленны немертины *Cephalothrix filiformis* (Johnston, 1828).

Молекулярные исследования были выполнены на оборудовании молекулярной лаборатории кафедры зоологии беспозвоночных биологического факультета МГУ. Морфологические исследования были выполнены с использованием оборудования центра «Таксон» ЗИН РАН и частично – оборудования Центра микроскопии ББС МГУ. Исследование выполнено в рамках государственного задания № 122031100275-4 (для Е.Ч.) и поддержано грантом РНФ 20-74-10012 (для Е.Ч., И.Е., Е.Н. и Д.Щ.).

\*Елена Михайловна Чабан: [echaban.zin@gmail.com](mailto:echaban.zin@gmail.com)

# ФОРМИРОВАНИЕ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ МАКРООБРАСТАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СУБСТРАТОВ В ВЕРХНЕЙ СУБЛИТОРАЛИ БЕЛОГО МОРЯ

А.И. Чава<sup>1,2,\*</sup>, Г.Д. Захаров<sup>3</sup>, Д.А. Озеров<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН;*

<sup>2</sup> *Центр морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова;*

<sup>3</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова*

Большая часть исследований сообществ обрастания искусственных субстратов до недавнего времени была сосредоточена в умеренных и тропических широтах, где интенсивность обрастания не позволяла людям оставить эту область морской биологии без внимания. Однако, в связи с растущим интересом к арктическим морям, в последние десятилетия появляется все больше работ описывающих динамику сообществ обрастания в высоких широтах. Скорость развития и видовое разнообразие здесь значительно уступает аналогичными показателям в более теплых водах. Немногочисленные экспериментальные исследования, посвященные обрастанию в Белом море, затрагивают первые 10 м, а обрастание на больших глубинах и изменения, происходящие в сообществах с увеличением глубины, не изучены вовсе. В нашей работе мы обратились к распространенному экспериментальному методу изучения обрастания – погружаемым в воду тест-пластинам. Опираясь на литературные данные по динамике сообществ обрастания на разных глубинах в арктических морях, мы предположили, что с увеличением глубины видовое разнообразие и покрытие обрастателей на пластинах будет снижаться, причем скорость этих изменений будет зависеть от сезона и расположения пластин на экспериментальной установке. Мы проводили работы в 2022 - 2023 гг. в районе ББС МГУ в двух точках, расположенных в районе мыса Киндо на глубине 11 и 22 м. В начале июня 2022 года в каждой точке на дно была опущена одна экспериментальная установка – рама из нержавеющей стали, на которую крепятся три «палетки» с 6 пластинами из ударопрочного полистирола 15 x 15 см на каждой. На одной палетке три пластины ориентированы рабочей

поверхностью к толще воды и три – ко дну. Дизайн эксперимента спланирован таким образом, чтобы захватить все потенциальные пики оседания организмов-обрастателей в течение года. С июня по сентябрь раз в месяц мы заменяли одну из трех палеток на новую с чистыми пластинами. Вторая из трех палеток находилась на раме с момента установки в течение трех месяцев, и мы сняли ее в начале сентября 2022 г., заменив на палетку с чистыми пластинами. Эту палетку сняли в начале июня 2023 г., чтобы оценить интенсивность оседания личинок обрастателей в течение холодного сезона. Последняя палетка из трех поставленных в июне 2022 г. была снята в начале июня 2023 г. и фиксировала обрастание за год. В июне 2023 г. сезонный цикл эксперимента повторился в обеих точках. Мы оценивали интенсивность и состав обрастания на пластинах, измеряя площадь каждого организма и суммируя в дальнейшем все измерения. Также мы проводили оценку общей площади обрастания с помощью автоматизированного анализа фотографий пластин в программе ImageJ. За год исследований на пластинах было обнаружено 34 таксона беспозвоночных животных и водорослей, среди которых по разнообразию и покрытию преобладали мшанки, гидроидные полипы и многощетинковые черви из семейства Spirorbidae. В соответствии с нашими предположениями проективное покрытие и видовое разнообразие организмов-обрастателей достоверно ниже в более глубокой точке на всех временных срезах: месячных, сезонных и годовых. В обеих точках покрытия на нижних пластинах практически всегда достоверно выше покрытий на верхних пластинах за исключением месячного среза в августе 2022 г. В целом скорости обрастания пластин крайне малы в обеих точках – за каждый из теплых месяцев пластины зарастают не более чем на 0,8 % сверху и 0,04 % снизу. Покрытия в обеих точках за теплый и холодный сезон, а также за год не превышают 4 % на верхних пластинах и 1 % на нижних пластинах.

*\*Александра Чава: [cribrilina@gmail.com](mailto:cribrilina@gmail.com)*

## ТЕНИ БУДУЩЕГО: ПЕЛАГИЧЕСКИЕ ЛИЧИНКИ НЕМЕРТИН ОКРЕСТНОСТЕЙ ББС МГУ

И.А. Чернева<sup>1</sup> \*, Д.А. Никишин<sup>2</sup>, Т.В. Неретина<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных;*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, кафедра эмбриологии;*

<sup>3</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
биологический факультет, Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова*

Пилидий – личинка немертин – один из наиболее примечательных и безошибочно узнаваемых типов планктонных личинок морских беспозвоночных. Он имеет форму шлема и оснащен апикальным пучком длинных ресничек и, как правило, четырьмя лопастями, охваченными ресничным шнуром. В Белом море обитают представители немертин с пилидием в жизненном цикле, но в акватории у ББС МГУ эти личинки встречаются редко. Этим летним сезоном 2023 г. из-за погодных и гидрологических условий, обеспечивших поднятие глубинных слоев воды к поверхности, вылов пилидиев значительно увеличился. Среди найденных личинок выделено несколько морфологически различных форм. Микроанатомия одной из этих форм исследована с применением методов конфокальной микроскопии. По результатам молекулярно-филогенетического анализа пойманные пилидии принадлежат различным видам родов *Cerebratulus* Renier, 1804 и *Micrura* Ehrenberg, 1828.

\**Мира Александровна Чернева: mira.cherneva@gmail.com*

## ЧЕМ ПОЛЕЗНЫ ГОЛОВНОЙ МОЗГ И НЕРВНАЯ ЦЕПОЧКА ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ БЕЛОМОРСКОЙ ПОЛИХЕТЫ *ALITTA VIRENS*?

А.Ю. Шалаева\*, М.О. Беляева, М.С. Тарасов, В.В. Козин

*Санкт-Петербургский государственный университет*

Важность иннервации места повреждения для регенеративных процессов давно известна. У позвоночных и у беспозвоночных животных поврежденные нервные волокна являются источником сигнальных молекул, индуцирующих формирование бластемы, из которой в дальнейшем будет развиваться утраченная часть тела. Также нервная система (НС) может действовать в качестве направляющей для различных клеточных элементов в их миграции к месту повреждения. В нашей работе мы изучили различные варианты денервации и их влияние на разные аспекты восстановительного процесса. Мы воспроизвели на беломорской полихете *Alitta virens* эксперименты по денервации места повреждения отведением брюшной нервной цепочки (БНЦ) (Holmes, 1931; Combaz, Voilly, 1974) или удалением лоскута покровного эпителия с частью БНЦ с последующей задней ампутацией. В опыте самая терминальная часть, пигидий с циррами, а также циркумпигидиальное нервное кольцо полностью формируются, как и при нормальной регенерации, однако размер и пропорции всей почки, особенно ее сегментированной части, оказались сильно уменьшены. Несмотря на то, что происходит формирование эктодермальных границ сегментов, в их пределах не образуются параподии. Центральная и периферическая части нервной системы стремятся компенсировать недостаток нервных волокон БНЦ и реиннервировать регенерационную почку. От пары параподиальных нервов ближайшего к ране сегмента отходят нервные волокна, растающие в регенерат, что в норме не происходит. Другой тип экспериментов был направлен на оценку нейрогуморального влияния НС на ход регенерации. Для этого мы с различными промежутками во времени проводили ампутацию сначала головного ганглия, содержащегося в простомииуме *A. virens*, затем – задней части тела. И хотя самый значительный эффект наблюдался при сроке между ампутациями 7 дней, сравнивая с прямой денервацией, в этом эксперименте мы наблюдали менее выраженный эффект на регенеративный процесс. Его скорость снижается, а также нарушается сегментация. Значительного угнетения

пролиферации клеток в регенерате не происходит. Однако, у декапитированных червей нарушается дифференцировка нейронов регенерата и со стороны периферической НС неповрежденного сегмента происходит компенсация недостаточной иннервации. Наша работа подтверждает данные, полученные на другой нереидной полихете *Hediste diversicolor*, о том, что иннервация из БНЦ не является обязательным условием формирования терминальных частей регенерационной почки (Combaz, Voilly, 1974). В то же время, мы показали, что при элиминации различных частей ЦНС происходит компенсация недостаточной иннервации со стороны, в том числе периферической нервной системы. Однако этого не всегда достаточно для полноценной регенерации сегментов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 23-74-10046 на базе УНБ «Беломорская» и РЦ «Микроскопии и микроанализа» СПбГУ.

\*Александра Юрьевна Шалаева: *shalaeva.sasha@gmail.com*

## **ОБЩЕКОЛОНИАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ХЕЙЛОСТОМНЫХ МШАНОК (GYMNOLOEMATA: CHEILOSTOMATIDA): ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ И ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Н.Н. Шунатова\***

*Санкт-Петербургский государственный университет*

Изучение феномена колониальности имеет давнюю историю и зачастую в той или иной степени касается проблемы интеграции колоний. Тем не менее, до сих пор морфологические и физиологические аспекты транспорта питательных веществ в пределах колонии исследованы очень поверхностно, хотя именно эти данные наиболее важны для понимания специфики колониальной организации в разных группах многоклеточных. Для морских мшанок характерно явление полиморфизма, которое наиболее ярко проявляется у представителей отр. Cheilostomatida

(кл. Gymnolaemata): в состав таких колоний входят аутозооиды (питающиеся зооиды) и разные типы гетероморфных зооидов, которые отличаются по строению и функциям. Аутозооиды отвечают за снабжение гетерозооидов питательными веществами, так как последние обычно не способны питаться. Нами исследовано строение общеколониальной транспортной системы и коммуникационных пор как у аутозооидов, так и у гетероморф (авикулярии разных типов и кенозооиды) у трех видов хейлостомных мшанок *Dendrobeatia fruticosa*, *Terminoflustra membranaceotruncata* и *Caberea ellisii*. Клетки, формирующие общеколониальную транспортную систему, соединены плотными контактами, изолирующими ее просвет. Последний представляет собой густую сеть мелких лакун, заполненных гетерогенным матриксом. У *D. fruticosa* выявлены отличия в клеточном составе транспортной системы у зооидов разных типов: у аутозооидов она сформирована двумя типами клеток: удлиненными и звездчатыми, в то время как у кенозооидов присутствуют только удлиненные клетки, а в авикуляриях – звездчатые. Паттерн ветвления общеколониальной транспортной системы коррелирует с расположением и типом коммуникационных пор. Магистральные продольные тяжи у аутозооидов присутствуют в том случае, если коммуникационные поры между ними представлены многопоровыми пластинками. При наличии одиночных коммуникационных пор все тяжи транспортной системы тонкие, характер ветвления сильно варьирует, однако общая сеть всегда контактирует с пищеварительной системой полипида, либо с почкой и/или бурым телом. В зависимости от размера кенозооида транспортная система представлена либо одиночным продольным тяжом, либо сетью из анастомозирующих тяжей. В интерзооидальных авикуляриях паттерн ветвления и клеточный состав сходен с таковыми у аутозооидов. У адвентивных авикуляриев и вибракуляриев магистральный тяж присутствует только в том случае, если они способны отпочковывать от себя кенозооиды. Каждая коммуникационная пора «заткнута» комплексом специализированных клеток, или клетками розетки. Клеточный состав таких комплексов постоянен в пределах вида, в том числе в порах между зооидами разных типов. Тем не менее, детали тонкого строения последних могут значительно варьировать. Специальные клетки (один из компонентов таких комплексов) имеют противоположную полярность в межаутозооидных и авикулярных поровых пластинках. Вероятно, это связано

с необходимостью двунаправленного транспорта питательных веществ во время циклов дегенерации-регенерации полилипидов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00050 (<https://rscf.ru/project/23-24-00050/>).

\**Наталья Николаевна Шунатова: natalia.shunatova@gmail.com*

## **МИКРООРГАНИЗМЫ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С БУККАЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ МОЛЛЮСКА *CADLINA LAEVIS* (LINNAEUS, 1767)**

**П.А. Щербакова<sup>1</sup> \*, А.Г. Ельченинов<sup>2</sup>, А.А. Клюкина<sup>2</sup>, Л.А. Гавирова<sup>1</sup>,  
Е.В. Ворцепнева<sup>1</sup>, И.В. Кубланов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;*

<sup>2</sup> *ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН*

Голожаберные моллюски *Cadlina laevis* (Linnaeus, 1767) – распространенные обитатели северных широт Тихого и Атлантического океанов, а также морей Северного Ледовитого океана. Пищедобывательный аппарат (буккальный комплекс) моллюсков состоит из хитиновых радулы и челюстей. Представители *Cadlina laevis* питаются, в основном, бесскелетными губками (Demospongiae), соскабливая их с субстрата. Данных о составе микробиомов моллюсков, как и других беспозвоночных животных, в настоящее время недостаточно. Целью данной работы является исследование микроорганизмов, обнаруженных с помощью сканирующей электронной микроскопии на органах буккального комплекса *Cadlina laevis*, а также определение специфичности состава микробных сообществ, ассоциированных с различными органами исследуемого моллюска. Согласно данным сканирующей электронной и конфокальной лазерной сканирующей микроскопии было обнаружено, что поверхность зубов радулы и челюстей покрыта скоплениями морфологически однородных бактериальных клеток, представляющих собой

палочки размером 1,0 - 1,5 мкм. При проведении NGS-профилирования по V4 участку гена 16s рРНК микробных сообществ образцов разделенных радул и челюстей, а также неразделенного буккального комплекса было обнаружено доминирование представителей родов *Polaribacter* либо *Aliivibrio*, доля которых в микробных сообществах исследуемых образцов достигала 96,9 и 69,2 % соответственно. Состав микробных сообществ органов буккального комплекса определяли в 2021 и 2022 гг., также в 2023 г., помимо образцов радул и челюстей, проводили NGS-профилирование микробных сообществ, ассоциированных с нотумом, ногой, желудком и кишечником моллюска. В результате проведенного анализа доминирование представителей рода *Polaribacter* подтвердили только для органов пищеводывательного аппарата, тогда как в других органах моллюска данные бактерии обнаружены не были. В микробиомах других органов доминировали некультивируемые представители порядка Rhodospirillales – в образцах ноги и нотума *C. laevis*, *Mycoplasma* – в кишечнике моллюска. Также в микробных сообществах нотума были многочисленны представители рода *Fulvivirga*, тогда как в желудке не было выявлено доминирующих представителей микробных ассоциаций. Таким образом, данная работа подтвердила устойчивое взаимодействие широкораспространенных в морской среде микроорганизмов рода *Polaribacter* с хитиновым глоточным вооружением моллюска *Cadlina laevis*.

Работа поддержана грантом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2021-1396.

\**Полина Александровна Щербак*ова: [shcherbakovapa@gmail.com](mailto:shcherbakovapa@gmail.com)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ ВИДОВ**  
***EUNOE NODOSA* – *E. OERSTEDI* (ANNELIDA: POLYNOIDAЕ)**  
**С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕГРАТИВНОГО ПОДХОДА**

**М.У. Эверетт<sup>1, \*</sup>, Н.Е. Будаева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,*  
*лаборатория донной фауны океана*

*Eunoe* Malmgren, 1865 – это род крупных, покрытых элитрами многощетинковых червей из семейства Polynoidae, который очень распространен в Северной Атлантике, Северной Пацифике и Арктике. *Eunoe nodosa* (M. Sars, 1861) и *E. oerstedii* Malmgren, 1865 описаны по серии синтипов из Гренландского моря. Эти виды путают из-за расплывчатых первоначальных описаний и сходства их элитр. В ранних исследованиях было распространено мнение, что *E. nodosa* и *E. oerstedii* должны быть синонимами. В настоящее время их считают разными видами, и одним из главных диагностических признаков для их различения является форма макротуберкул («бородавки» у *E. nodosa* и «разветвленные и зубчатые» у *E. oerstedii*). Мы уточнили определительные признаки обоих видов на основе морфологических данных, полученных в результате изучения синтипов *E. nodosa* и *E. oerstedii*, а также молекулярных и морфологических данных, полученных из вновь собранных материалов из северных морей. Мы описываем изменчивость макротуберкул и сообщаем о новых морфологических признаках, ранее не использовавшихся для определения этих видов.

*\*Марфа Уильямовна Эверетт: martha.w.everett@gmail.com*

# ДИНАМИКА БЕРЕГОВ БЕЛОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ И СТРАТЕГИИ ИХ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ ПЕРВОБЫТНЫМИ ПРИМОРСКИМИ КУЛЬТУРАМИ

А.П. Яковлева\*

*Институт географии РАН*

Рельеф побережья Белого моря является результатом процессов, происходивших, в основном, во время последнего оледенения и после него. Последующее после снятия ледниковой нагрузки изменение относительного уровня моря привело к образованию серии поднятых береговых линий. Изучая береговые формы рельефа, их конфигурацию и связанные с ними отложения можно реконструировать историю колебаний относительного уровня моря. Освоение побережья Белого моря древними людьми было поэтапным и напрямую связано с меняющимися природными условиями среды в последниковое время. В ходе освоения побережья, люди подбирали территорию, которую можно использовать в своих нуждах, на интуитивном уровне оценивая такие параметры, как тип берега, его положение в пространстве, морфология поверхности и состав пород и отложений береговой зоны, возможность катастрофических событий. В работе производится синтез геоморфологической и археологической информации для побережья Белого моря в голоцене. Цель работы – выявление взаимосвязи между динамикой берегов Белого моря и их первоначальным освоением. Для реализации поставленной цели в 2018-2022 гг. произведены полевые геолого-геоморфологические и геоархеологические исследования на ключевых участках побережья Белого моря, обобщены опубликованные данные о возрасте морских террас и подтвержденных археологических стоянках в пределах побережья, проведено дешифрирование космических и аэрофотоснимков побережья. Картографическим итогом исследования является серия карт динамики берегов Белого моря в голоцене и их первоначального освоения представителями Беломорской культуры. Выявлено, что основными условиями и факторами формирования и динамики берегов Белого моря в голоцене были, изменения относительного уровня моря (на фоне гляциоэвстатических и эвстатических колебаний объемов водных масс), структурный план и геологические условия, а также современные климатические и

гидрометеорологические условия. На локальных участках важную, и иногда ведущую, роль играли конфигурация береговой линии, распределение волновой нагрузки и особенности литодинамических процессов, начиная со среднего голоцена. Генетический тип и облик берегов, а также их привлекательность для представителей приморских культур изменялись вслед за изменением конфигурации береговой линии, определяющей распределение волновой нагрузки. Большинство известных археологических стоянок приурочены к берегам древних проливов и заливов, так как они удобны с точки зрения обеспечения пищей. Эта закономерность прослеживается на региональном и локальном масштабных уровнях. Также часто выбирались участки вблизи устьев рек и ручьев, или там, где водоупорный горизонт (как правило, кровля ледниковых суглинков) залегает не глубже 1 - 1,5 м от дневной поверхности. Археологические данные могут быть критерием достоверности палеогеографических реконструкций, а геоморфологические данные – исторических. Совместное использование методов позволяет получить целостную картину развития прибрежных ландшафтов.

\*Алена Павловна Яковлева: [iakovleva-ap@yandex.ru](mailto:iakovleva-ap@yandex.ru)

## MOLECULAR PATTERNING OF ARCHITECTURALLY COMPLEX HYDROZOAN COLONIES: LESSONS FROM *DYNAMENA PUMILA*

**A.A. Vetrova<sup>1</sup>, T.S. Lebedeva<sup>2</sup>, S.V.Kremnyov<sup>1,3,\*</sup>**

<sup>1</sup> *Koltzov Institute of Developmental Biology*

(*Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН*);

<sup>2</sup> *University of Vienna (Венский университет)*;

<sup>3</sup> *Lomonosov Moscow State University*

(*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*)

Hydrozoan cnidarians at the polyp stage form highly elaborate colonies with a variety of branching patterns that make them ideal models for studying the mechanisms of body plan diversification. Our study is focused on the molecular mechanisms of colony patterning in

the non-model hydrozoan *Dynamena pumila*. The *Dynamena* colony consists of stolons and monopodial branching shoots. Both structures grow due to the activity of terminally located growth tips: the shoot growth tip and the stolon growth tip. During colony growth, the shoot growth tip is repeatedly divided into three parts: two lateral hydrants and the central shoot growth tip primordium. It is well known that the cWnt and Nodal signaling pathways play a crucial role in the establishment of the body axis in cnidarians. However, their role in the spatial patterning of structurally complex hydrozoan colonies is not clear. We provide evidence suggesting that the key components of the cWnt pathway are involved in the specification and patterning of the shoot growth tip. Pharmacological experiments indicate that hyper-activation of the cWnt pathway abolishes formation of shoot growth tips but not stolon growth tips in a young *Dynamena* colony. This leads to the development of a stolonial colony characteristic of other hydrozoan species. Inhibition of the cWnt pathway arrests the formation of shoot growth tips, but restoration of its activity leads to transdifferentiation of the shoot growth tip primordium into a stolon growth tip. A Nodal-like ligand is expressed in the centre of the shoot growth tip. Pharmacological inhibition of Nodal signaling leads to the formation of four-part primordia (two hydrants, two growth tips) instead of three-part (two hydrants, one growth tip). Our findings demonstrate that fine-tuning of the cWnt and Nodal signaling pathways could be one of the leading factors in the evolution of the spatial organization of hydrozoan colonies.

\*Станислав Кремнев: [s.kremnev@gmail.com](mailto:s.kremnev@gmail.com)

# СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Организаторы и спонсоры конференции  | 3  |
| Оргкомитет и программный комитет   | 4  |
| Приветственное слово директора ББС   | 6  |
| Программа конференции  | 7  |
| Тезисы докладов  | 21 |
| <i>Алексеева Н.В.</i> Мускулатура взрослых пикногонид <i>Phoxochilidium femoratum</i> Rathke 1799 (Arthropoda, Chelicerata)  | 22 |
| <i>Афанасьев В.В., Фаустова А.Б.</i> Депонирование углерода управляемыми прибрежно-морскими водно-болотными угодьями субарктических и умеренно-холодных морей  | 23 |
| <i>Бабаянц П.С.</i> Аэрогеофизические технологии при изучении природных ресурсов беломорского региона  | 24 |
| <i>Бармасова Г.А., Старунов В.В., Старунова З.И., Новикова Е.Л.</i> Апоптоз в ходе репаративной регенерации <i>Pygospio elegans</i> и <i>Platynereis dumerilii</i> (Annelida)                                    | 26 |
| <i>Бахмет И.Н., Екимов Д.А.</i> Особенности адаптации мидии <i>Mytilus edulis</i> L. к приливной волне в зависимости от сезона в условиях Белого моря  | 27 |
| <i>Богомоллова Е.В., Петрова М.А.</i> Экскреторная система морского паука <i>Pseudopallene spiniopes</i> (Fabricius, 1780) (Pycnogonida)   | 29 |
| <i>Борисанова А.О., Щенетов Д.М.</i> <i>Loxosoma aripes</i> (Nielsen 1964) – новая находка внутрипорошицевых в Белом море, которая позволила уточнить диагноз рода <i>Loxosoma</i> (Entoprocta: Loxosomatidae)   | 30 |
| <i>Борисенко И.Е., Ересковский А.В.</i> Дифференциальная экспрессия генов в регенерации губки <i>Halisarca dujardini</i>   | 32 |
| <i>Ветрова А.А., Купаева Д.М., Лебедева Т.С., Циколия Н., Кремнев С.В.</i> Дупликация генов <i>Brachyury</i> в типе Cnidaria   | 34 |
| <i>Гаева Д.Р., Неретина Т.В., Жадан А.Э.</i> Описание двух видов рода <i>Terebellides</i> (Annelida, Trichobranchidae) из Белого моря  | 35 |
| <i>Герасимова А.В., Максимович Н.В., Филиппова Н.А., Тимофеева М.А.</i> Рост двустворчатых моллюсков в Белом море: методика анализа, степень и причины внутрипопуляционной гетерогенности ростовых характеристик | 36 |
| <i>Герасимова М.А., Алексеева Н.В., Ковалев А.А., Сухотин А.А.</i> Влияние размера тела на скорость метаболизма и характеристики митохондрий у <i>Mytilus edulis</i> L.  | 38 |
| <i>Герасимова О.В.</i> Проект «Беринговоморская сеть системных наблюдений (BSSN)»  | 40 |
| <i>Горяшко А.</i> ББС МГУ в контексте истории северных морских биостанций  | 42 |
| <i>Горяшко А.</i> Птица, которая нас связала   | 42 |
| <i>Горяшко Н.А., Самулеева М.В., Быков Ю.А.</i> Оценка успешности гнездования обыкновенной гаги ( <i>Somateria mollissima</i> ) в условиях сбора гагачьего пуха  | 43 |

|  |    |
|--|----|
| Гринберг М.Г., Шалаева А.Ю., Козин В.В. Активность MAP-киназного каскада в период становления билатеральной симметрии зародышей <i>Ophelia limacine</i> (Spiralia, Annelida)   | 45 |
| Гришина Д.Ю., Щенетов Д.М., Екимова И.А. Интегративная таксономия и филогеография видов рода <i>Eubranchius</i> (Gastropoda: Nudibranchia) морей России  | 46 |
| Грум-Гржимайло О.А., Шурыгина А.А. Биогеография наземных микромицетов Арктики, выявленных культуральными и молекулярными методами  | 48 |
| Гудимов А.В. Краевые популяции баянуса <i>Semibalanus balanoides</i> (Crustacea, Cirripedia) как биондикатор влияния ранних климатических изменений среды  | 50 |
| Дадыкин И.А., Новичкова А.А., Чертопруд Е.С. Фауна ракообразных внутренних водоемов Карагинского района (Северная Камчатка): таксономия, фаунистика и биогеография   | 51 |
| Дегтярева Е.К. Особенности позднего эмбрионального развития <i>Podon leucartii</i> (G.O. Sars, 1862) (Onichopoda, Cladocera)   | 53 |
| Дегтярева Е.К. Позднее эмбриональное развитие <i>Bythotrephes cederstroemii</i> Schoedler, 1877 (Crustacea: Onychopoda)  | 55 |
| Дементьев В.С., Марфенин Н.Н. Возникновение магистрального течения гидроплазмы в побегах колониального гидроида <i>Dunatena pumila</i> (L., 1758)  | 57 |
| Демиденко Н.А., Саввичев А.С., Краснова Е.Д. Микробные процессы, гидрологические и экологические условия в водоемах губы Канда, отделенных от Белого моря  | 59 |
| Дикаева Д.Р. Распределение полихет на разрезе «Кольский меридиан» в период климатических изменений   | 60 |
| Ежелев З.С., Шнырев Н.А. Водорослевой компонент литорали в составе конструкторов   | 62 |
| Ежов А.В. К вопросу о миграциях и формировании популяции моевок на архипелаге Новая Земля  | 63 |
| Екимова И.А., Гришина Д.Ю., Крупницкая Н.Р., Антохина Т.И., Чичвархина О.В., Щенетов Д.М. Такие одинаковые, нотакие разные: морфологическое и генетическое разнообразие комплекса видов <i>Caldina laevis</i> (Gastropoda: Nudibranchia) | 65 |
| Екимова И.А., Щенетов Д.М., Становова М.В. Оледенение, потепление, голожаберные моллюски: популяционная генетика и филогеография транс-арктических видов Nudibranchia  | 66 |
| Еньшина И.К., Крупенко Д.Ю., Кремнев Г.А., Миролубов А.А., Савченко А.С., Хюйс Р. Копеподы <i>Nucellicola</i> sp. (Chitonophilidae) – эндопаразиты брюхоногих моллюсков  | 68 |
| Ересковский А.В. Спонгиофауна Беплого моря и ее общая характеристика   | 70 |
| Ермишина М.А., Бубнова Е.Н., Максимова И.А., Симакова У.В. Микробиота красных водорослей <i>Odonthalia dentata</i> и <i>Phycodrys rubens</i> в Кандалакшском заливе Белого моря  | 71 |
| Заботин Я.И. Ультраструктура сперматид и сперматозоидов пролецитофоры <i>Plagiostomum vittatum</i> (Plathelminthes, Prolecithophora) Белого моря   | 72 |
| Зарецкая Н.Е., Хайтов В.М., Рыбалко А.Е. Голоценовая малакофауна Кандалакшского и Онежского заливов Белого моря и ее палеогеографическое значение  | 74 |

|   |     |
|---|-----|
| Иванов М.В., Генельт-Яновская А.С., Иванова Т.С., Генельт-Яновский Е.А., Полякова Н.В.,<br>Медведева М.А., Боева К.В., Лайтус Д.Л. Взаимоотношения трехиглой ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> L.)<br>и девятииглой ( <i>Pungitius pungitius</i> L.) колюшек в Белом и Балтийском морях | 76  |
| Иванова Т.С., Иванов М.В., Надточий Е.В., Мелентьев Д.А., Зеленская А.Е., Боева К.В., Лайтус<br>Д.Л. Прибрежные сообщества рыб Кандалакшского залива Белого моря (губа Чупа) в летний<br>период   | 77  |
| Кайров А.И., Козин В.В. Участие WNT-сигналинга в ларвальной и постларвальной сегментации<br>аннелиды <i>Alitta virens</i>   | 79  |
| Калякин М.В., Волцит О.В., Lehtikoinen A. Изученность фауны птиц окрестностей ББС в свете<br>завершения работы над атласами гнездящихся птиц Европы и Европейской части России  | 80  |
| Каракозова М.В., Назаров П.А. Особенности адаптации микроорганизмов к изменяющимся<br>условиям солености экосистем: биоэнергетические процессы и роль бактериальных помп  | 82  |
| Карпова О.В., Виноградова Е.Н., Лобакова Е.С., Изотова А.О., Проваторова Е.А.<br>Идентификация генов канальных родопсинов в зеленых и криптофитовых водорослях Белого и<br>Черного морей  | 83  |
| Киселев А.Д., Залота А.К. Трофическая ниша краба-вселенца <i>Chionoectes opilio</i> (Fabricius, 1788)<br>в заливе Благополучия Карского моря  | 84  |
| Козин В.В. Морфогенетические механизмы спецификации осей билатеральной симметрии у<br>аннелид   | 86  |
| Колпакова Е.С., Вельямидова А.В. Хлороорганические соединения в озерах на разной стадии<br>отделения от Белого моря   | 87  |
| Комисаренко А.А. Маркерные жирные кислоты в исследованиях трофической экологии<br>морских организмов  | 89  |
| Королева Е.Г., Лихачев А.А., Орлов М.В., Королев И.А. Биогеографическая практика на орском<br>станции: опыт и перспективы   | 90  |
| Королева А.С., Неретина Т.В., Колбасова Г.Д., Прудковский А.А., Цетлин А.Б. Неизвестная<br>бентосная личинка сем. Dorvilleidae (Annelida, Eunicida)   | 92  |
| Корсакова О.П., Толстоброва А.Н., Толстобров Д.С. Позднеледниковая морская трансгрессия<br>на побережье Кандалакшского залива   | 93  |
| Косевич И.А. Колониальная нервная система у гидроидных  | 94  |
| Косевич И.А. Сходство сцифистомы <i>Aurelia aurita</i> и кораллового полипа   | 96  |
| Кособокова К.Н. Видовой состав зоопланктона Белого моря и парадокс сосуществования<br>арктической и бореальной фауны  | 97  |
| Краснов Ю.В., Ежов А.В. Авиафауна открытых районов Баренцева моря и ее современные<br>изменения   | 98  |
| Краснова Е.Д. Заливы в изоляции: меромиксия и ее последствия  | 100 |
| Кроленко В.И., Колбасова Г.Д. Кровеносная система <i>Saobangia billeti</i> Giard, 1893 (Sabellida,<br>Fabriciidae)  | 101 |

|   |     |
|---|-----|
| Кузнецова Э.Ю. Паразиты бесхвостых амфибий острова Средний Керетского архипелага Белого моря  | 103 |
| Кузьмина Т.В. Особенности развития брахиоподы <i>Hemithiris psittacea</i> (Rhynchonelliformea: Rhynchonellida)  | 104 |
| Кузьмина Т.В., Георгиев А.А. Питание брахиоподы <i>Hemithiris psittacea</i> (Rhynchonelliformea: Rhynchonellida)  | 106 |
| Кучерявый А.В., Поляков Н.В. Распространение и разнообразие миног Арктики – аккумулятивное и анализ данных  | 107 |
| Крупицкая Н.Р., Екимова И.А., Малахов В.В. Спектр питания беломорских представителей голожаберных моллюсков рода <i>Dendronotus</i> (Gastropoda: Nudibranchia)  | 109 |
| Лавров А.И., Скоренцева К.В., Мельников Н.П., Большаков Ф.В., Ересковский А.В. Клеточные механизмы репаративной регенерации известковой губки <i>Leucosolenia corallorhiza</i>  | 111 |
| Лебедева Т.С., Ветрова А.А., Кремнев С.В. Роль NOTCH сигнального пути в спецификации зародышевых листков у гидроидных полипов с аборальной гастрюляцией на примере <i>Dynamena pumila</i>                                       | 113 |
| Лезин П.А. Особенности индивидуального поведения <i>Mytilus edulis</i> L. в условиях низкой плотности поселения   | 114 |
| Лихачева Г.В., Чернева И.А. Первое обнаружение нематоды <i>Hysterothylacium aduncum</i> (Nematoda, Raphidascarididae) в немертине <i>Arctostemma arcticum</i> (Nemertea, Hoplonemertea)   | 115 |
| Лобанова Н.В. Результаты комплексных исследований на Карельском берегу Белого моря  | 117 |
| Логвиненко А.Д., Гордеев И.И. Гельминты морской и пресноводной популяций трехиглой колюшки <i>Gasterosteus aculeatus</i> акватории в районе ББС МГУ   | 117 |
| Лосюк Г.Н., Кокрятская Н.М., Попов С.С., Титова К.В. Эволюция сероводородного заражения отделяющихся водоемов вблизи ББС МГУ им Н.А. Перцова (Кандалакшский залив Белого моря)  | 119 |
| Максимов А.А., Березина Н.А. Многолетние изменения макрозообентоса реликтовых озер Кривое и Круглое   | 121 |
| Малахов В.В., Карасева Н.П., Римская-Корсакова Н.Н. Распределение бескишечных червей сибоглинид (Siboglinidae, Annelida) в морях российской Арктики в связи с их углеводородным потенциалом                                     | 122 |
| Марфенин Н.Н., Дементьев В.С. Верхушка роста столона у гидроида <i>Dynamena pumila</i> (L., 1758), как детектор функционального состояния колониального организма   | 123 |
| Марфенин Н.Н., Дементьев В.С., Николаев Е.В. Моментальная и пролонгированная реакция колониального гидроида <i>Dynamena pumila</i> (L., 1758) на повышение температуры морской воды   | 125 |
| Марченко Ю.Т., Хайтов В.М., Католикова М.В., Малавенда С.С., Стрелков П.П. Пространственно-временная динамика смешанных поселений мидий <i>Mytilus edulis</i> и <i>M. trossulus</i> (губа Тюва, Кольский залив, Баренцево море) | 126 |
| Марченков А.В. Кандалакшский заповедник. Параллельным курсом или место заповедников в современной науке   | 128 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Матач Д.А., Лянгузова А.Д., Полякова Н.В., Арбузова Н.А., Крупенко Д.Ю., Миролюбов А.А.</i><br>Морфологические особенности взаимодействия в паразито-хозяинной системе метацеркарии <i>Diplostomum</i> sp. и миноги <i>Lampetra fluviatilis</i> | 129 |
| <i>Матвеечева Е.П., Фофанова Е.Г., Ворожецкая Е.Е.</i> Половой процесс представителей <i>Dinophiliformia</i> с разными стратегиями размножения   | 131 |
| <i>Мельников Н.П., Лавров А.И.</i> Подходы к исследованию тканевой динамики губок  | 133 |
| <i>Михайлова Т.А., Халаман В.В., Усов Н.В., Футоран П.А., Сухотин А.А., Иванов С.Д.</i><br>Макроводоросли Унской губы Белого моря  | 134 |
| <i>Михлина А.Л., Екимова И.А., Неретина Т.В.</i> Маленькие слизи со сложной историей: к вопросу о видовой принадлежности беломорских представителей рода <i>Asperspina</i>   | 136 |
| <i>Надточий Е.В., Иванова Т.С., Иванов М.В., Лайус Д.Л.</i> Изменчивость окраски взрослой трехглой колюшки <i>Gasterosteus aculeatus</i> L. в прибрежной зоне Кандалакшского залива Белого моря  | 137 |
| <i>Назаров П.А.</i> Арктические экосистемы: новые подходы к культивированию и исследованию процессов, обуславливающих приспособление микроорганизмов к экстремальным условиям обитания   | 139 |
| <i>Неретина Т.В., Ежова М.А., Безменова А.В., Кнорре Д.А., Колбасова Г.Д.</i> Внутривидовая и межвидовая изменчивость митохондриальных ДНК представителей беломорской биоты  | 140 |
| <i>Никитенко Е.Д., Борисенко И.Е., Кремнев С.В., Ворцenneва Е.В.</i> Новые данные о спикюлогенезе голожаберных моллюсков на примере <i>Onchidoris muricata</i> Белого моря   | 142 |
| <i>Николаев Е.В., Марфенин Н.Н.</i> Способность зарослей литоральных фукоидов предохранять обитающих на них беспозвоночных летом от перегрева при осушении   | 144 |
| <i>Орлов А.М., Волвенко И.В.</i> Новые ихтиологические свидетельства бореализации российского сектора Арктики  | 145 |
| <i>Осипова Д.Д., Юрикова Д.А., Кособокова Н.Н.</i> Видовой состав и распределение зоопланктона в желобе Святой Анны (Карское море)   | 147 |
| <i>Павлова Л.В., Дворецкий А.Г., Фролов А.А., Зимина О.Л., Евсеева О.Ю., Дикаева Д.Р., Румянцева З.Ю., Пантелеева Н.Н.</i> Влияние увеличения продолжительности безледного периода на зообентос северо-востока Баренцева моря (пролив Макарова)    | 148 |
| <i>Панина К.С.</i> Разнообразие и биотопическая дифференциация рода <i>Megalothorax</i> (Collembola: Neelidae) на территории Арктики   | 150 |
| <i>Пантелеева Н.Н.</i> Сезонное развитие гидроидов рода <i>Rhizogeton</i> (Cnidaria, Hydrozoa) в литоральной зоне Кольского полуострова (Баренцево море). Вопрос видовой идентификации   | 152 |
| <i>Петрова Е.В., Волгушева А.А., Федоренко Т.А., Баулина О.И., Горелова О.А.</i> Особенности физиологии и ультраструктуры клеток <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> в условиях серного голодания   | 153 |
| <i>Петрова М.А., Богомоллова Е.В.</i> Формирование кладок у морских пауков   | 155 |
| <i>Пландин Ф.А., Темерева Е.Н.</i> Новые данные по организации мускулатуры <i>Novocrania anomala</i> (Brachiopoda, Craniiformea) в сравнении с классическими работами  | 156 |

|  |     |
|--|-----|
| Писцова М.А., Смирнова В.В., Чупраков Н.Р. Новые исследования истории развития островов Кандалакшского залива в голоцене   | 158 |
| Портнова Д.А., Тимченко А.И. Изучение ледовой фауны на Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова  | 159 |
| Прокопчук И.П. Сайка – «внештатный помощник» исследователя   | 161 |
| Прудковский А.А., Ветрова А.А., Сремнев С.В. Редукция медузы у <i>Sarsia loveni</i> – как иллюстрации эволюционных тенденций у Hydrozoa (Cnidaria, Hydrozoa)   | 163 |
| Ратновская А.В., Кузьмина Т.В. Тонкое строение эпителия мантии брахиоподы <i>Hemithiris psittacea</i> (Gmelin, 1791)   | 164 |
| Репкина Т.Ю., Орлов А.В., Крехов А.К., Кублицкий Ю.А., Брылкин В.В. Предварительные результаты зимних георадиолокационных и палеолимнологических исследований на островах Большом Соловецком и Муксалма (Белое море, Соловецкий архипелаг) | 166 |
| Рожкова-Тимина И.О. Растительность маршевых лугов южной части о. Сахалин   | 167 |
| Романенко Ф.А., Писцова М.А., Луговой Н.Н. Возраст торфяников и озерно-болотных отложений побережья Кандалакшского залива  | 168 |
| Русанова А.Н., Мамонтов В.А., Трофимова А.Б., Федорчук В.А., Ежова М.А., Сутормин Д.А. Предполагаемые бактериальные симбионты холодноводных морских губок из Белого моря   | 170 |
| Рыбакова Е.И., Галкин С.В., Мордохович В.В., Нехаев И.О., Алалыккина И.Л., Санамян Н.П., Смирнов И.С., Виноградов Г.М., Прудковский А.А., Колпаков Е.В., Крылова Е.М. Сообщества гидротермальных и метановых выходов Берингова моря        | 172 |
| Рыбалко А.Е., Токарев М.Ю. Ода ББС МГУ за развитие геологических исследований дружественных организаций на Белом море  | 174 |
| Савченко А.С., Колбасов Г.А., Еньшина И.К. Внутреннее строение и метаморфоз <i>Y</i> циприса <i>Facetotecta</i> (Crustacea: Thecostraca)   | 176 |
| Скалон Е.К., Слюсарев Г.С. Детали тонкого строения плазмодия ортонектид <i>Intoshia linei</i> и его взаимодействия с хозяином, немуртиной <i>Lineus ruber</i>  | 177 |
| Скоренцева К.В., Мельников Н.П., Саидова А.А., Лавров А.И. RHO / ROCH-сигнальный каскад и его роль в репаративных морфогенезах известковой губки <i>Leucosolenia carallorrhiza</i>   | 179 |
| Смирнова В.В., Луговой Н.Н. Изучение геоморфологического строения южного берега Кольского полуострова дистанционными методами  | 180 |
| Симдянов Т.Г. ББС МГУ и эволюция <i>Aricomplexa</i>  | 182 |
| Смолькова О.В. О распространении двустворчатых моллюсков <i>Mya arenaria</i> (Linnaeus, 1758) в Кольском заливе Баренцева моря   | 183 |
| Становова М.В. Целомоциты пескожила <i>Arenicola marina</i> (Annelida, Polychaeta): морфология и иммунные функции  | 184 |
| Старунов В.В., Платова С.Е., Нестеренко М.А., Старунова З.И., Шунькина К.В., Новикова Е.Л. Регенерация кольчатых червей: в чем причина различий?   | 186 |
| Старунова З.И., Шунькина К.В., Новикова Е.Л., Старунов В.В. Кто быстрее? Анализ процессов регенерации нервной системы у <i>Pygospio elegans</i> (Annelida, Spionidae)  | 187 |

|  |     |
|--|-----|
| Табачникова К.С., Савченко А.С. Биология и распространение паразитических ракообразных подкласса Tantulocarida   | 189 |
| Темерева Е.Н. Особенности строения и развития арктической форониды <i>Phoronis ovalis</i>  | 190 |
| Темерева Е.Н. О строении трубок, в которых живет арктическая форониды <i>Phoronis ovalis</i>   | 192 |
| Уразаева А.О., Темерева Е.Н. Строение полости тела у <i>Parasagitta elegans</i>  | 193 |
| Фаустова А.Б., Афанасьев В.В. Биогенный морфолитогенез на морских берегах острова Сахалин  | 195 |
| Фофанова Е.Г. Организация ресничных структур <i>Dinophilus vorticoides</i>   | 196 |
| Хорошутина О.А., Сологуб Д.О., Поветкин А.И. Определение возраста брюхоногих моллюсков северных морей России (виды рода <i>Vissium</i> ) с использованием статолитов   | 197 |
| Цетлин А.Б., Жадан А.Э., Гордеев И.И., Неретин Н.Ю., Азовский А.И., Кособокова К.Н., Мокиевский В.О., Ересковский А.В., Косевич И.А., Прудковский А.А., Чернева И.А., Наумов А.Д., Михлина А.Л., Богомоллова Е.В., Шунатова Н.Н., Кокорин А.И., Шабалин Н.В., Исаченко А.И. Как изменилась фауна Белого моря за сто лет? Первый шаг – анализ видовых списков | 199 |
| Чабан Е.М., Екимова И.А., Никитенко Е.Н., Щенетов Д.М., Любин П.А. <i>Philinissima denticulate</i> (Gastropoda, Certhaspididae, Aglajidae) из Белого моря – первая аглаида в Арктике   | 200 |
| Чава А.И., Захаров Г.Д., Озеров Д.А. Формирование и сезонная динамика сообществ макрообрастания искусственных субстратов в верхней сублиторали Белого моря   | 202 |
| Чернева И.А., Никишин Д.А., Неретина Т.В. Тени будущего: пелагические личинки немертин окрестностей ББС МГУ  | 204 |
| Шалаева А.Ю., Беляева М.О., Тарасов М.С., Козин В.В. Чем полезны головной мозг и нервная цепочка для регенерации беломорской полихеты <i>Alitta virens</i> ?   | 205 |
| Шунатова Н.Н. Общеколониальная транспортная система хейлостомных мшанок (Gymnolaemata: Cheilostomatida): вариативность и общие принципы организации  | 206 |
| Щербакова П.А., Ельченинов А.Г., Клюкина А.А., Гавирова Л.А., Ворцenneва Е.В., Кубланов И.В. Микроорганизмы, ассоциированные с буккальным комплексом моллюска <i>Cadlina laevis</i> (Linnaeus, 1767)   | 208 |
| Эверетт М.У., Будаева Н.Е. Определение группы видов <i>Eunoe nodosa</i> – <i>E. oerstedii</i> (Annelida, Polynoidae) с использованием интегративного подхода   | 210 |
| Яковлева А.П. Динамика берегов Белого моря в голоцене и стратегии их первоначального освоения первобытными приморскими культурами  | 211 |
| Vetrova A.A., Lebedeva T.S., Kremnyov S.V. Molecular patterning of architecturally complex hydrozoan colonies: lessons from <i>Dynamena pumila</i>   | 212 |
| Содержание   | 214 |