

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



2-я СТУДЕНЧЕСКАЯ НАУЧНАЯ СЕССИЯ  
УНБ «БЕЛОМОРСКАЯ» СПбГУ

*Тезисы докладов*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, 2018

© Санкт-Петербургский государственный университет, 2018

**Ответственный редактор:**

*А. И. Гранович*, д-р биол. наук, профессор,  
заведующий кафедрой зоологии беспозвоночных СПбГУ

**Редакторы:**

*Н. Н. Шунатова*, канд. биол. наук, доцент кафедры зоологии беспозвоночных СПбГУ;

*И. А. Стогов*, канд. биол. наук, доцент, ст. преп. кафедры ихтиологии и гидро-биологии СПбГУ;

*Г. Г. Паскерова*, ст. преп. кафедры зоологии беспозвоночных СПбГУ;

*Д. Ю. Крупенко*, канд. биол. наук, ассистент кафедры зоологии беспозвоночных СПбГУ;

*О. Г. Камышацкая*, аспирант кафедры зоологии беспозвоночных СПбГУ

(1,8 Мб) **2-я студенческая научная сессия УНБ «Беломорская»:** тезисы докладов.

Сборник включает тезисы докладов 2-й Студенческой Научной сессии Учебно-научной базы «Беломорская» СПбГУ, которая посвящена исследованиям, связанным с изучением Арктики. Эта научная сессия призвана стать площадкой для демонстрации студентами своих научных результатов; облегчить установление контактов между студентами из разных учебных заведений и формирование междисциплинарных научных и научно-практических проектов, связанных с Арктикой; обеспечить возможность непосредственного общения и формирования рабочих контактов студентов и их будущих работодателей.

Участники сессии — студенты и аспиранты СПбГУ, МГУ им. М. В. Ломоносова, Зоологического Института РАН, РГПУ им. А. И. Герцена, которые специализируются в разных областях биологии, географии, геологии, физики. Среди авторов приглашённых докладов — специалисты из СПбГУ, Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Зоологического института РАН, Центра морских исследований МГУ им. М. В. Ломоносова, ООО «Фертоинг».

Тезисы докладов были отредактированы в соответствии с нормами научного языка.

Сессия проходила при финансовой поддержке Центра морских исследований МГУ им. М. В. Ломоносова и команды «Waterleven».



Публикуется в авторской редакции. Подписано к использованию 30.07.2018  
Издательство СПбГУ. 199004, С.-Петербург, В.О., 6-я линия, д. 11.

Тел./факс +7(812) 328-44-22

E-mail: [publishing@spbu.ru](mailto:publishing@spbu.ru) [publishing.spbu.ru](http://publishing.spbu.ru)

---

---

# СОДЕРЖАНИЕ

## ПРИГЛАШЁННЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Галактионов К. В.</i> Паразиты в Арктике: специфика трансмиссии в контексте климатических изменений.....	11
<i>Зимин А. В.</i> Субмезомасштабные процессы и явления в приливных арктических морях (на примере Белого, Баренцева и Карского морей).....	13
<i>Герасимова А. В., Максимович Н. В.</i> Линейный рост двустворчатых моллюсков в Белом море: проявления внутриволюционной гетерогенности ростовых характеристик <i>Bivalvia</i> .....	15
<i>Абакумов Е. В.</i> Стабилизация органического вещества в почвах и биоседиментах полярного биома.....	17
<i>Залота А. К., Спиридонов В. А.</i> Чужеродные виды десятиногих ракообразных (Crustacea Decapoda) в морях российской Арктики .....	19
<i>Варфоломеева М. А., Шевченко Е. Т., Неклюдова У. А., Шунькина К. В., Гришанков А. В., Гранович А. И., Островский А. Н.</i> Возможности многомерных и одномерных методов для реконструкции динамики структуры колоний мшанок.....	21
<i>Артюшков Ф. О., Петров С. А., Удовик Д. А.</i> Шумные соседи. Влияние негативного антропогенного воздействия в Арктике на морских млекопитающих и птиц и меры его минимизации.....	23
<i>Густайтис А. Н., Смагин Р. Е., Липатов М. А.</i> Перспективы сотрудничества ООО «Фертоинг» и УНБ «Беломорская» в комплексных исследованиях природы Белого моря.....	26

## УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

<i>Барымова А. А., Кокорин А. И.</i> Применение БПЛА для аэрофотосъемки с целью комплексного картирования прибрежных зон на примере литорали Карельского берега Белого моря .....	31
<i>Ветрова А. А., Багаева Т. С., Гладких А. А., Краус Ю. А., Кремнёв С. В.</i> Особенности клеточных морфогенетических процессов в эмбриональном развитии <i>Dunatena pumila</i> (Linnaeus, 1758) .....	33

Карагодина Н. П., Беликова Е. В., Котенко О. Н., Мальцева А. Л., Вишняков А. Э., Островский А. Н. Трофические взаимодействия между мшанкой <i>Aquiloniella scabra</i> и ее бактериальными симбионтами: ультраструктурные доказательства .....	35
Кушнарева А. В., Лемешева В. С., Кучаева Л. Н., Осмоловская Н. Г., Биркемайер К., Тараховская Е. Р. Оценка потенциального прикладного значения ряда макрофитных водорослей Белого моря.....	37
Овчинникова А. И. Малакофаунистический метод палеогеографических реконструкций (на примере морских моллюсков) .....	39
Фролова Е. В., Паскерова Г. Г. Мечниковеллиды — гиперпаразиты полихет.....	41

## ПОСТЕРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Алексеева Н. В., Шунатова Н. Н. Личинка <i>Rusnagonum litorale</i> — per aspera ad astra .....	43
Анисимова А. В. Гидрологический режим пролива Сухая Салма .....	45
Бахвалова А. Е., Иванов М. В., Иванова Т. С., Лайус Д. Л. Возрастные изменения в питании некоторых видов рыб Кандалакшского залива Белого моря.....	47
Борисенко И. Е., Ересковский А. В. Репертуар лигандов сигнального пути TGF-beta у беломорской губки <i>Halisarca dujardini</i> (Demospongiae).....	49
Гафарова Е. Р., Мальцева А. Л., Михайлова Н. А., Гранович А. И. Сравнительный анализ микробиома пищеварительной системы в группе криптических видов литоральных брюхоногих моллюсков рода <i>Littorina</i> .....	51
Головин П. В., Иванова Т. С., Иванов М. В., Лайус Д. Л. Интенсивность питания икрой своего вида у трехиглой колюшки ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> L.) Кандалакшского залива Белого моря.....	53
Григорьева А. С., Максимович Н. В., Герасимова А. В. Особенности линейного роста <i>Arctica islandica</i> L. в Белом море .....	55
Денисова С. А. Новые данные о жизненном цикле кокцидии <i>Alveocystis intestinalis</i> (Beltenev, 1980), паразита приапулид .....	57
Джелали П. А., Гагарина А. В., Сказина М. А., Полякова Н. В., Стрелков П. П. Изменчивость участка баркодингового локуса цитохромоксидазы I у копепод рода <i>Pseudocalanus</i> северных морей .....	59
Доргам А. С., Головин П. В., Иванова Т. С., Иванов М. В., Лайус Д. Л. Морфологические различия трехиглой колюшки на разных этапах нереста .....	61
Зайнуллина Б. Р., Зорина Н. А., Согомонян К. С., Хабибулина В. Р. Анализ молекулярных особенностей процесса стробилиации у сцифомедузы <i>Aurelia aurita</i> (Cnidaria: Scyphozoa) .....	63

Зенков Е. А., Шевкопляс А. Е., Аристов Д. А. Оценка заражённости трематодами гидробий двух видов (Hydrobiidae: Gastropoda) в вершине Кандалакшского залива Белого моря .....	65
Зорина Н. А., Кулакова М. А. Геном беломорской нереидной полихеты <i>Alitta virens</i> : первый шаг на большом пути .....	67
Иванова Н. Ю. Актинии инфраотряда <i>Athenaria</i> холодных и умеренных вод Атлантики и Северного Ледовитого океана.....	68
Игнатъева Е. С. Термика вод губы Чупа и прилегающих акваторий .....	70
Каштаненко В. И., Петросян Н. В. Анализ распределения желтого вещества в акватории губы Чупа Белого моря .....	72
Квач А. Ю., Варфоломеева М. А., Островский А. Н. Размножение <i>Flustrellidra hispida</i> (Bryozoa, Stenostomata) в Белом море.....	74
Кремнев Г. А., Щенков С. В. Строение зачатка половой системы церкарий трематод (Neodermata: Trematoda): существует ли общая эволюционная тенденция к ее «преждевременному развитию»? .....	76
Кудрявцева Е. О. Развитие гаметофита <i>Saccharina latissima</i> (Linnaeus) Lane, Mayes, Druehl & Saunders и его ультраструктура.....	78
Купаева Д. М., Коноров Е. А., Кремнёв С. В. Анализ референсного транскриптома гидроидного полипа <i>Dynamena pumila</i> (Linnaeus, 1758) .....	80
Лемешева В. С., Тараховская Е. Р. Профилирование трех фракций флоротаннинов по зонам таллома литоральных бурых водорослей пор. Fucales.....	82
Липатов М. А., Тельпис Т. Н. Особенности термической структуры вод у Карельского берега Белого моря .....	84
Лисицына К. Н., Герасимова А. В., Саминская А. А., Максимович Н. В. Сравнительный анализ линейного роста <i>Serripes groenlandicus</i> (Mohr, 1786) в Кандалакшском заливе Белого моря и Печорском море (юго-восточный район) .....	86
Лобов А. А., Мальцева А. Л., Михайлова Н. А., Гранович А. И. Полиморфизм параспермального белка LOSP в группе близких видов рода <i>Littorina</i> .....	88
Мартынова А. А., Хайтов В. М. Реакция немертин на химические сигналы обитателей мидиевых банок.....	90
Матвиенко Д. А., Островский А. Н. Организация фуникулярной системы беломорской мшанки <i>Terminoflustra membranaceotruncata</i> .....	92
Мелентий А. Г., Костюченко Р. П., Козин В. В. Роль Wnt-сигналинга в восстановлении метамерной структуры при посттравматической регенерации полихеты <i>Alitta virens</i> .....	94

Миролюбов А. А., Илюткин С. А., Лянгузова А. Д., Добровольский А. А. Особенности взаимодействия паразитических ракообразных <i>Peltogaster paguri</i> и <i>Peltogastrella gracilis</i> (Cirripedia: Rhizocephala) с центральной нервной системой хозяина .....	96
Надуваева Е. В., Ворцепнева Е. В. Особенности строения гоноперикардиальной и циркуляторной систем <i>Crystallophrisson nitens</i> (Mollusca: Aplousobranchia) .....	98
Никитенко Е. Д. Общая морфология и ультратонкое строение спикул <i>Onchidoris muricata</i> (Müller, 1776) (Mollusca, Nudibranchia) .....	100
Савельев П. Д., Бахвалова А. Е., Смирнова К. А., Иванова Т. С., Иванов М. В. Прибрежные сообщества рыб Белого моря (Кандалакшский залив, Керетский архипелаг) .....	101
Скалон Е. К., Слюсарев Г. С. Есть ли ядра в плазмодии ортонектид (Orthonectida)? .....	103
Скрябин А. С. Геофизическая практика на УНБ «Беломорская» .....	105
Сумкина А. А. Моделирование температуры поверхности почвы под снежным покровом в зимний период .....	107
Тылец М. И., Даугавет М. А., Шапошникова Т. Г. Видовая и тканевая специфичность антител против белка р48 из морулярных клеток асцидии <i>Styela rustica</i> (Linnaeus, 1767) .....	109
Тютюнник В. В., Стогов И. А. Ракообразные рода <i>Daphnia</i> O. F. Mueller, 1785 (Crustacea: Cladocera) в градиенте физико-химических параметров среды арктических эфемерных водоемов .....	111
Филиппова Н. А., Козин В. В., Никишина Д. В., Максимович Н. В. Возможности классификации при мониторинге сообществ макробентоса мягких грунтов осушной зоны Белого моря .....	114
Фисак Е. М., Молькова М. Е., Никишина Д. В., Шунатова Н. Н., Иванова Т. С., Иванов М. В. Сезонная динамика сообщества <i>Zostera marina</i> в Белом море .....	116
Хабибулина В. Р., Зайнуллина Б. Р., Согомонян К. С., Кремнев Г. А., Старунов В. В. Особенности формирования эфир в процессе полидисковой стробилиации <i>Aurelia aurita</i> (Cnidaria: Scyphozoa) .....	118
Шалаева А. Ю., Костюченко Р. П., Козин В. В. Изучение клеточной пролиферации в ларвальном развитии беломорской полихеты <i>Alitta virens</i> (Annelida) .....	120
Эверетт М. У. Таксономия полихет рода <i>Eteone</i> (Phyllodocidae, Annelida) Белого моря .....	122
Яковлева Д. А., Фролова А. В. Особенности термохалинного режима вод пролива Средняя Салма в летний период .....	123

---

---

# CONTENTS

## INVITED TALKS

<i>Galaktionov K. V.</i> Parasites in Arctic — transmission patterns in the context of climate changes .....	11
<i>Zimin A.</i> Submesoscale processes and tidal phenomena in the Arctic seas (on the example of the White, Barents and Kara seas) .....	13
<i>Gerasimova A. V., Maximovich N. V.</i> Bivalve linear growth in the White Sea: manifestations of intrapopulation heterogeneity of mollusc growth characteristics .....	15
<i>Abakumov E. V.</i> Stabilization of organic matter in soil and biosediments of polar biome .....	17
<i>Zalota A. K., Spiridonov V. A.</i> Alien decapod species (Crustacea Decapoda) in the Russian Arctic Seas .....	19
<i>Varfolomeeva M. A., Shevchenko E. T., Nekliudova U. A., Shunkina K. V., Grishankov A. V., Granovitch A. I., Ostrovsky A. N.</i> The use of multivariate and univariate methods for reconstruction of dynamics in bryozoan colony structure .....	21
<i>Artiushkov F. O., Petrov S. A., Udovik D. A.</i> Noisy neighbors. Negative anthropogenic impact on marine mammals and birds in the Arctic and ways of its minimization .....	23
<i>Gustaytis A., Smagin R., Lipatov M.</i> The prospects of Fertoing Ltd and Educational and Research Station Belomorskaya cooperation in integrated natural studies of the White Sea .....	26

## ORAL PRESENTATIONS OF UNDERGRADUATE AND PHD STUDENTS

<i>Barymova A., Kokorin A.</i> UAVs usage for aerial imaging and coastal zone integrated mapping applied to White Sea littoral .....	31
<i>Vetrova A., Bagaeva T., Gladkikh A., Kraus Y., Kremnyov S.</i> Unusual cellular morphogenetic processes in the embryonic development of <i>Dynamena pumila</i> (Linnaeus, 1758) .....	33
<i>Karagodina N. P., Belikova E. V., Kotenko O. N., Maltseva A. L., Vishnyakov A. E., Ostrovsky A. N.</i> Trophic interactions between bryozoan <i>Aquiloniella scabra</i> and its bacterial symbionts: ultrastructural evidence .....	35

<i>Kushnareva A., Lemesheva V., Kuchaeva L., Osmolovskaya N., Birkemeyer C., Tarakhovskaya E.</i> The estimation of potential practical relevance of some macrophytic algae from the White Sea .....	37
<i>Ovchinnikova A.</i> Malakofauna method for paleogeographic reconstructions (a case study of marine mollusks) .....	39
<i>Frolova E. V., Paskerova G. G.</i> Metchnikovellideans — hyperparasites of bristle worms.....	41

## POSTERS

<i>Alexeeva N., Shunatova N.</i> Larva of <i>Pycnogonum litorale</i> — per aspera ad astra .....	43
<i>Anisimova A. V.</i> Hydrological condition of Dry Salma Strait.....	45
<i>Bakhvalova A., Ivanov M., Ivanova T., Lajus D.</i> Age-related changes in feeding of some fishes of the Kandalaksha Bay, White Sea .....	47
<i>Borisenko I., Ereskovsky A.</i> The repertoire of ligands of the TGF-beta signaling pathway in the White Sea sponge <i>Haliscarca dujardini</i> (Demospongiae).....	49
<i>Gafarova E., Maltseva A., Mikhailova N., Granovich A.</i> Comparative analysis of gut microbita in snails of cryptic species of the genus <i>Littorina</i> ...	51
<i>Golovin P. V., Ivanova T. S., Ivanov M. V., Lajus D. L.</i> Cannibalistic feeding on eggs in the threespine stickleback ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> L.) in the Kandalaksha Bay of the White Sea .....	53
<i>Grigoryeva A. S., Maximovich N. V., Gerasimova A. V.</i> Linear growth features of <i>Arctica islandica</i> L. in the White Sea .....	55
<i>Denisova S. A.</i> New data on the life cycle of the coccidium <i>Alveocystis intestinalis</i> (Beltenev, 1980), parasite of priapulids.....	57
<i>Dzhelali P., Gagarina A., Skazina M., Polyakova N., Strelkov P.</i> Variation of a partial cytochrome oxidase I locus in <i>Pseudocalanus</i> copepods in Northern Seas .....	59
<i>Dorgham A. S., Golovin P. V., Ivanova T. S., Ivanov M. V., Lajus D. L.</i> Morphological variation of threespine stickleback on different stages of spawning.....	61
<i>Zainullina Z., Zorina N., Sogomonyan K., Khabibulina V.</i> Analysis of molecular properties of the strobilation process in <i>Aurelia aurita</i> (Cnidaria: Scyphozoa).....	63
<i>Zenkov E., Shevkoplyas A., Aristov D.</i> Trematode invasion of two hydrobiid (Hydrobiidae: Gastropoda) species at the tip of Kandalaksha Bay, the White Sea .....	65
<i>Zorina N., Kulakova M.</i> First step towards a whole-genome assembly of the White Sea nereid polychaete <i>Alitta virens</i> .....	67



<i>Ivanova N.</i>	Sea anemones of the infraorder Athenaria from cold and temperate waters of the Atlantic and the Arctic Ocean .....	68
<i>Ignatjeva E. S.</i>	Heat of waters of Chupa Bay and adjacent waters .....	70
<i>Kashtanenko V. I., Petrosyan N. V.</i>	Analysis of the distribution of yellow matter in the water area of the Chupa Bay of the White Sea .....	72
<i>Kvach A. Yu., Varfolomeeva M. A., Ostrovsky A. N.</i>	Reproduction of <i>Flustrellidra hispida</i> (Bryozoa: Ctenostomata) in the White Sea.....	74
<i>Kremnev G., Shchenkov S.</i>	Organization of the genital system primordium of the cercariae of trematodes (Neodermata: Trematoda): is there a general evolutionary trend to its "precocious development"?.....	76
<i>Kudryavtseva E. O.</i>	Development of the gametophyte of <i>Saccharina latissima</i> (Linnaeus) Lane, Mayes, Druehl & Saunders and its ultrastructure .....	78
<i>Kupaeva D., Konorov E., Kremnyov S.</i>	Analysis of reference transcriptome of the hydroid polyp <i>Dynamena pumila</i> (Linnaeus, 1758) .....	80
<i>Lemesheva V., Tarakhovskaya E.</i>	The profiles of three phlorotannin fractions in the different thallus zones of intertidal brown algae from the order Fucales .....	82
<i>Lipatov M., Telpis T.</i>	Features of thermal water structure near the White Sea coast of Karelia .....	84
<i>Lisitsina K. N., Gerasimova A. V., Saminskaya A. A., Maximovich N. V.</i>	Comparative analysis of the linear growth of <i>Serripes groenlandicus</i> (Mohr, 1786) in the Kandalaksha Bay (the White Sea) and the Pechora Sea (south-eastern region) .....	86
<i>Lobov A., Maltseva A., Mikhailova N., Granovitch A.</i>	Polymorphism of LOSP paraspermal protein in group of sibling species genus <i>Littorina</i> ... ..	88
<i>Martynova A., Khaitov V. M.</i>	Reaction of nemertean on waterborne cues from organisms inhabiting mussel beds.....	90
<i>Matvienko D. A., Ostrovsky A. N.</i>	Funicular system of the bryozoan <i>Terminoflustra membranaceotruncata</i> from the White Sea .....	92
<i>Melentiy A., Kostyuchenko R., Kozin V.</i>	Implication of the Wnt-signaling in reestablishment of metameric structure in post-traumatic regeneration of the polychaete <i>Alitta virens</i> .....	94
<i>Miroliubov A. A., Ilyutkin S. A., Lianguzova A. D., Dobrovolskij A. A.</i>	Peculiarities of interactions between parasitic crustaceans <i>Peltogaster paguri</i> , <i>Peltogastrella gracilis</i> (Cirripedia: Rhizocephala) and central neural system of the host .....	96
<i>Naduvaeva E., Vortsepneva E.</i>	Structural features of the circulatory and gonopericardial systems of <i>Crystallophrisson nitens</i> (Mollusca: Aplacophora) .....	98

<i>Nikitenko E.</i>	
Morphology and ultrastructure of spicules <i>Onchidiris muricata</i> (Muller, 1776) (Mollusca, Nudibranchia).....	100
<i>Savelyev P. D., Bakhvalova A. E., Smirnova K. A., Ivanova T. S., Ivanov M. V.</i>	
Coastal fish communities in the White Sea (Kandalaksha Bay, Keret Archipelago).....	101
<i>Skalon E., Slyusarev G.</i>	
Are there any plasmodial nuclei in the plasmodium of orthonectids (Orthonectida)?.....	103
<i>Skryabin A.</i>	
Geophysical practice at the ERS "Belomorskaya".....	105
<i>Sumkina A. A.</i>	
Modelling of the ground temperature under snow in winter conditions.....	107
<i>Tylets M., Daugavet M., Shaposhnikova T.</i>	
Species and tissue specificity of antibodies against protein p48 from morular cells of ascidian <i>Styela rustica</i> (Linnaeus, 1767).....	109
<i>Tyutyunnik V., Stogov I.</i>	
Cladoceran of genus <i>Daphnia</i> O. F. Mueller, 1785 (Crustacea: Cladocera) in a gradient of physical and chemical parameters of the environment in the Arctic ephemeral reservoirs.....	111
<i>Filippova N. A., Kozin V. V., Nikishina D. V., Maximovich N. V.</i>	
Capability of classification in monitoring of soft bottom macrobenthic communities in the tidal zone of the White Sea.....	114
<i>Fisak E. M., Molkova M. E., Nikishina D. V., Shunatova N. N., Ivanova T. S., Ivanov M. V.</i>	
Seasonal dynamics of <i>Zostera marina</i> assemblage in the White Sea.....	116
<i>Khabibulina V., Zainullina Z., Sogomonyan K., Kremnev G., Starunov V.</i>	
Features of ephyrae formation during the process of polydisk strobilation in <i>Aurelia aurita</i> (Cnidaria: Scyphozoa).....	118
<i>Shalaeva A., Kostyuchenko R., Kozin V.</i>	
Cell proliferation patterns in larval development of the White Sea polychaete <i>Alitta virens</i> (Annelida).....	120
<i>Everett M.</i>	
Polychaeta's taxonomy of the genus <i>Eteone</i> (Phyllodocidae, Annelida) in the White Sea.....	122
<i>Iakovleva D. A., Frolova A. V.</i>	
Thermohaline patterns in the Sredniaia Salma strait waters during summer.....	123

---

---

# ПРИГЛАШЁННЫЕ ДОКЛАДЫ

## ПАРАЗИТЫ В АРКТИКЕ: СПЕЦИФИКА ТРАНСМИССИИ В КОНТЕКСТЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

*Галактионов К. В.*

Зоологический институт РАН  
СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

## PARASITES IN ARCTIC — TRANSMISSION PATTERNS IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGES

*Galaktionov K. V.*

Zoological Institute RAS  
Saint Petersburg State University,  
Department of Invertebrate Zoology

Паразиты составляют около 50 % биоразнообразия. Они влияют на многие стороны жизнедеятельности своих хозяев, поведение, динамику численности популяций, структуру трофических сетей, микро- и макроэволюционные процессы. Поэтому важно понять, как скажется на паразитарной компоненте биосферы наблюдающееся глобальное изменение климата. Особый интерес в этом отношении представляет Арктика, поскольку именно в этом регионе все климатические изменения выражены наиболее выпукло за счет высокой ранимости арктических экосистем.

В Арктике наиболее богато паразиты представлены в экосистемах морского побережья. Здесь доминируют паразиты морских птиц, что определяется обилием их хозяев. Биоразнообразие этих паразитов обеднено по сравнению с характерным для умеренных широт, что обусловлено отсутствием подходящих промежуточных хозяев (бореальных беспозвоночных и рыб) и неблагоприятными условиями для видов, в жизненных циклах которых имеются свободноживущие личинки. Поэтому обладающие сложными жизненными циклами трематоды в высокой Арктике практически отсут-

ствуют, хотя они богато представлены в прибрежных экосистемах более низких широт.

В высокой Арктике в фауне гельминтов морских птиц доминируют цестоды и скребни, обилие которых в птицах-хозяевах велико. Это обусловлено интенсивным употреблением в пищу арктическими птицами ракообразных — промежуточных хозяев этих паразитов. Высокие показатели интенсивности заражения птиц патогенными гельминтами могут оказывать существенное влияние на популяции хозяев, усугубляя воздействие на них экстремальных арктических условий. Особенности питания и ослабление иммунитета птиц в Арктике способствуют их заражению неспецифичными гельминтами. Это облегчает колонизацию ими новых хозяев и, в перспективе, может привести к формированию генетически различных внутривидовых рас и к видообразованию по сценарию горизонтального перехода.

Изменения климата могут повлечь за собой существенные перемены в составе фауны гельминтов, уровнях заражения ими хозяев и путях трансмиссии в прибрежных сообществах Арктики. Проникновение в высокие широты бореальных видов беспозвоночных и рыб («бореализация» Арктики) сделает возможным циркуляцию здесь гельминтов, использующих этих животных в качестве промежуточных хозяев. Изменение миграционных путей птиц и других животных изменит ареалы их паразитов, в том числе, будет способствовать транс-Арктическому переносу гельминтов. Поэтому в том или ином масштабе станет реальностью взаимопроникновение фаун паразитов Северной Атлантики и Северной Пацифики. Собственно эффект повышения температуры окружающей среды неоднозначен и требует углубленного исследования. Возможна интенсификация трансмиссии гельминтов как следствие пролонгирования сезонного «окна трансмиссии» и, соответственно, усиление паразитарного пресса на популяции животных-хозяев. Особое значение для циркуляции гельминтов в Арктике будут иметь прогнозируемые изменения в арктических морских пищевых сетях, некоторые из которых происходят на наших глазах. Последствия этих изменений трудно прогнозируемы, поскольку они могут оказаться благоприятными для трансмиссии одних видов гельминтов и привести к угнетению других.

## **СУБМЕЗОМАСШТАБНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ В ПРИЛИВНЫХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛОГО, БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ)**

*Зимин А. В.*

Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН,  
Санкт-Петербургский филиал

## **SUBMESOSCALE PROCESSES AND TIDAL PHENOMENA IN THE ARCTIC SEAS (ON THE EXAMPLE OF THE WHITE, BARENTS AND KARA SEAS)**

*Zimin A.*

Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Science,  
St. Petersburg branch

На обширном материале высокоразрешающих контактных и дистанционных наблюдений за 2006–2016 годы проведено комплексное исследование короткопериодной изменчивости гидрологических полей и субмезомасштабных процессов в приливных арктических морях.

Установлено, что короткопериодные внутренние волны в Белом море регулярно встречаются в южной части пролива Горло, в Двинском заливе и вокруг Соловецких островов. Аналогично в Баренцевом море районы регулярной генерации внутренних волн находятся к западу от архипелага Земля Франца-Иосифа (у западного мыса о. Земля Александры), к северо-востоку и северо-западу от архипелага Шпицберген, на выходе из пролива Карские Ворота и в южной части моря вблизи Воронки Белого моря. В Карском море основные районы наблюдения волн находятся в проливе Карские Ворота, над юго-восточной частью Новоземельской впадины и к северо-востоку от м. Желания. По данным контактных измерений, выполненных в выделенных по спутниковым данным районах, установлено, что за сутки в каждом из них отмечено от 50 до 150 волн. Подтвержден преимущественно приливный характер их образования. Выявлены районы появления интенсивных внутренних волн. Оценка вероятности появления экстремальных интенсивных внутренних волн один раз месяц, показала, что в Белом море, в районе Западной Соловецкой салмы они составляют 28 метров, а в южной части Баренцева — 10 метров.

Установлено, что вихри встречались почти на всей акватории указанных морей. Районами наибольшей встречаемости вихрей в Белом море были Двинский залив, область севернее Соловецких островов и участок вдоль Терского берега. В Баренцевом море — южная часть моря, районы к западу от архипелага Земля Франца-Иосифа, возле восточного берега острова Западный Шпицберген, между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа; в Карском море — между северной частью архипелага Новая Земля и полуостровом Ямал, в районе островов Уединения и Свердруп.

По данным спутниковых наблюдений отмечена интенсивная синоптическая изменчивость поверхностных фронтов внутри месячных интервалов, в то время как среднемесячные положения фронтальных линий близки к средним значениям этого параметра за лето и не отражают особенности внутрисезонного хода фронтальной динамики. Показано, что значительное число субмезомасштабных вихрей и короткопериодных внутренних волн детектируются во фронтальных зонах или вблизи них. Субмезомасштабные вихревые структуры регистрируются преимущественно внутри стоковых и прикормочных фронтальных зон; повышение вихревой активности происходит на пике трансформации стоковых фронтов. Максимальное число короткопериодных внутренних волн детектируется, когда фронты на поверхности четко сформированы.

Установлено, что максимальные коэффициенты горизонтального обмена наблюдаются в районах повышенной встречаемости субмезомасштабных вихрей или короткопериодных внутренних волн. Под влиянием интенсивных внутренних волн вертикальный и горизонтальный обмен под пикноклином усиливается в два раза.

# ЛИНЕЙНЫЙ РОСТ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В БЕЛОМ МОРЕ: ПРОЯВЛЕНИЯ ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ РОСТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК BIVALVIA

Герасимова А. В., Максимович Н. В.

СПбГУ, кафедра ихтиологии и гидробиологии

## BIVALVE LINEAR GROWTH IN THE WHITE SEA: MANIFESTATIONS OF INTRAPOPULATION HETEROGENEITY OF MOLLUSC GROWTH CHARACTERISTICS

Gerasimova A. V., Maximovich N. V.

Saint Petersburg State University,  
Department of Ichthyology and Hydrobiology

Работа посвящена анализу неоднородности ростовых показателей некоторых массовых беломорских видов *Bivalvia* как в пределах отдельных местообитаний (далее — индивидуальный рост), так и в разных поселениях (далее — групповой рост).

Наблюдения охватывают 25 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 15 участках в акваториях Керетского архипелага (Кандалакшский залив Белого моря). Возраст *Bivalvia* оценен по внешней морфологии раковины. По итогам измерения размеров раковины моллюсков в периоды зимних остановок роста построены индивидуальные и групповые возрастные ряды. Индивидуальные возрастные ряды использованы при изучении неоднородности ростовых характеристик в пределах отдельных местообитаний. Различия в характере роста между поселениями *Bivalvia* оценивались как расстояние между групповыми возрастными рядами. Сравнение возрастных рядов осуществлено в ходе анализа остаточных дисперсий относительно кривых роста (Максимович, 1989). В качестве модели роста использована линейная модификация уравнения Берталанфи или в случае онтогенетической неполноты данных — уравнение прямой линии.

Скорость группового роста и продолжительность жизни анализируемых *Bivalvia* в Белом море были близки или существенно ниже аналогичных параметров популяций этих же видов в других частях их ареалов. Последнее, по-видимому, в значительной степе-

ни обусловлено пониженной соленостью данной акватории и суровым температурным режимом. В редких случаях (например, *Serripes groenlandicus*) особи из беломорских популяций отличались более высоким темпом роста по сравнению с другими районами распространения.

При этом внутривидовая гетерогенность ростовых показателей всех исследуемых видов *Bivalvia* в изучаемом районе Белого моря оказалась высока. Были обнаружены статистически значимые различия скорости роста моллюсков как в разных поселениях достаточно ограниченной акватории, так и в пределах локальных местообитаний. В выявленной гетерогенности группового роста в поселениях одного и того же вида логично видеть отражение различий условий питания моллюсков вследствие локальных особенностей биотопов (например, гидродинамических условий, продолжительности осушения).

Как характерную черту полученных результатов следует выделить то обстоятельство, что вариация показателей роста *Bivalvia* в пределах одного местообитания вполне сопоставима с размахом различий групповых оценок и, по-видимому, в большей мере определена индивидуальными особенностями начального периода роста моллюсков. Для одного вида *Bivalvia*, песчаных ракушек *Mya arenaria*, удалось показать, что вариабельность индивидуального роста особей одной и той же генерации наблюдалась на протяжении всего жизненного цикла моллюсков. Основу генерации (в среднем более 50 %) в каждый момент наблюдения формировали особи с относительно средней скоростью роста. Гетерогенность индивидуальных ростовых показателей песчаных ракушек, по-видимому, сопровождалась отличиями в их продолжительности жизни и выживаемости (или смертности). В частности отмечено, что наибольшей скоростью элиминации и наименьшей продолжительностью жизни отличались самые тугорослые особи.

*Исследование выполнено с использованием ресурсов Учебно-научной базы «Беломорская» Санкт-Петербургского государственного университета.*



## СТАБИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВАХ И БИОСЕДИМЕНТАХ ПОЛЯРНОГО БИОМА

*Абакумов Е. В.*

Санкт-Петербургский государственный университет

## STABILIZATION OF ORGANIC MATTER IN SOIL AND BIOSEDIMENTS OF POLAR BIOME

*Abakumov E. V.*

Saint Petersburg State University

Полярный биом является важнейшим резервуаром органического углерода на Земле. Почвы и биоседименты полярных экосистем содержат огромное количество углерода в составе гумуса, каустобилоитов, детрита, растворенного органического вещества. Между тем, количественные оценки мало говорят о качестве органического вещества и его устойчивости в условиях изменяющегося климата и антропогенных воздействий. Сопоставление различных методов определения содержания углерода в почвах и биоседиментах показывает, что полученные с их помощью результаты могут как совпадать, так и очень сильно различаться, что сказывается на для глобальных оценках запасов органического вещества. Часто это касается органического вещества почв полярного и бореального поясов, в которых данные по содержанию углерода, полученные по методу бихроматной окисляемости, существенно завышены. Это приводит к завышению оценочных и расчетных запасов углерода в почвах. Отдельной задачей является оценка молекулярной структуры гуминовых веществ. Современные инструментальные методы изучения органических веществ, такие как метод спектроскопии ядерного магнитного резонанса, позволяют идентифицировать отдельные компоненты макромолекул и проводить оценку их количественного содержания. Метод ядерного магнитного резонанса делает аппарат химии природного органического вещества очень информативным и чувствительным, позволяет идентифицировать отдельные компоненты молекул, устанавливать природу и происхождение предшественников гумификации, оценивать степень стабилизации/гумификации органического вещества почв. В России охват почв исследованиями почвенного гумуса методом  $^{13}\text{C}$  ЯМР является очень низким, особенно мало данных по почвам полярных

и аридных регионов. Необходимо создание и наполнение «гумотеки» почв Российской Федерации, которая служила бы центром стандартизации качества гуминовых веществ. Изучение биохимической активности гуминовых веществ и уровней стабилизации гумуса методом спектроскопии электронного парамагнитного резонанса является важнейшим направлением химии и экологии почв. Среди различных индексов состояния гумуса содержание свободных радикалов до сих пор остается одним из наименее исследованных. Наши данные показывают, что содержание свободных радикалов обратно пропорционально уровню биотермодинамической устойчивости (стабильности) гумуса. Таким образом, в современный период важна оценка не столько содержания и запасов органического вещества, сколько разработка методологии количественной оценки степени его устойчивости в различных диапазонах возможного внешнего воздействия на экосистемы.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, 16-34-60010 мол-а-дк*

## ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ ДЕСЯТИНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ (CRUSTACEA DECAPODA) В МОРЯХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Залота А. К., Спиридонов В. А.

Институт Океанологии им. П. П. Ширшова РАН

## ALIEN DECAPOD SPECIES (CRUSTACEA DECAPODA) IN THE RUSSIAN ARCTIC SEAS

Zalota A. K., Spiridonov V. A.

Shirshov Institute of Oceanology,  
Russian Academy of Sciences

Всего в водах России и сопредельных стран обнаружены 13 видов чужеродных морских и солоноватоводных Decapoda. На данный момент нет подтвержденных данных об обитании чужеродных видов декапод морях Сибирского шельфа восточнее Карского моря. Группу «Аркто-субарктических видов-вселенцев» образуют преднамеренно вселенный в 60-х гг. в Баренцево море камчатский краб (*Paralithodes camtschaticus*), и непреднамеренно вселенный краб-стригун (*Chionoecetes opilio*) который далее распространился в воды Карского моря.

В фауне Decapoda Арктики и Субарктики преобладают лишь несколько таксонов (на уровне семейства), которые составляют основу биоразнообразия данной группы. Это может быть связано с физиологическими ограничениями, в частности, способностью декапод регулировать концентрацию магния в гемолимфе. На долю таких креветок как Pandalidae, Crangonidae и Hippolytidae *sensu lato* приходится большинство арктических и субарктических видов десятиногих, эти группы имеют либо циркумполярное, либо амфибореальное распространение, и ни один вид не известен как чужеродный в Арктике или Субарктике.

Представители сем. Lithodidae, к которому относится камчатский краб, избегают вод с отрицательной температурой (Hall, Thatje, 2009). Вселение *Paralithodes camtschaticus* в Баренцево море было результатом специального проекта на основе научно обоснованных прогнозов, касающихся соответствующих мест обитания и океанографических условий для акклиматизации видов (Кузьмин, Гудимова, 2002; Türkay, Spiridonov, 2004; и др.). Без намеренной интродукции этот краб практически не имел шансов достичь Баренцева моря

через моря арктического шельфа в современных климатических условиях.

Единственными крабами (*Brachyura*), которые живут на арктическом шельфе, являются крабы из родов *Chionoecetes* и *Hyas* из семейства Oregonidae. В то время как для *Hyas* spp. арктические моря являются естественным ареалом, краб-стригун отсутствовал в арктических морях Северо-Восточной Атлантики до конца XX-го века (Squires, 1990; Sokolov et al., 2009). Таким образом, он, вероятно, был единственным видом *Brachyura*, который потенциально мог вселиться в восточную часть Баренцева и Карского моря. И эта возможность была так или иначе реализована.

В западной и особенно юго-западной части Баренцева моря, которая находится под сильным влиянием теплых атлантических вод, существует риск интродукции западно-атлантического краба *Cancer irroratus*, который недавно вселился в несколько фьордов Исландии (Gíslason et al., 2014).

Крабы-вселенцы в Баренцевом море уже освоены как промысловые объекты. Еще в 1994 г. был начат совместный русско-норвежский экспериментальный промысел камчатского краба в Баренцевом море. В российских водах полноценный коммерческий вылов камчатского краба начался в 2004 г., а краба-стригуна — в 2016 г.

Роль промысла может состоять и в предотвращении расселения чужеродного вида в те районы, где его появление или увеличение численности крайне нежелательно — например, в водах особо охраняемых природных территорий, таких как воды архипелагов Земля Франца-Иосифа и Новая Земля (национальный парк «Русская Арктика») и охраняемая прибрежная зона архипелага Шпицберген. Возможный путь предотвратить заселение — интенсификация промысла «на подступах» к архипелагам.

*Проект выполняется при поддержке гранта РНФ № 145000095.*

## ВОЗМОЖНОСТИ МНОГОМЕРНЫХ И ОДНОМЕРНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ДИНАМИКИ СТРУКТУРЫ КОЛОНИЙ МШАНОК

*Варфоломеева М. А.<sup>1</sup>, Шевченко Е. Т.<sup>1</sup>,  
Неклюдова У. А.<sup>2</sup>, Шунькина К. В.<sup>3</sup>, Гришанков А. В.<sup>1</sup>,  
Гранович А. И.<sup>1</sup>, Островский А. Н.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

<sup>2</sup> Университет Вены, Департамент палеонтологии

<sup>3</sup> Зоологический институт РАН,  
Лаборатория эволюционной морфологии

## THE USE OF MULTIVARIATE AND UNIVARIATE METHODS FOR RECONSTRUCTION OF DYNAMICS IN BRYOZOAN COLONY STRUCTURE

*Varfolomeeva M. A.<sup>1</sup>, Shevchenko E. T.<sup>1</sup>,  
Nekliudova U. A.<sup>2</sup>, Shunkina K. V.<sup>3</sup>, Grishankov A. V.<sup>1</sup>,  
Granovitch A. I.<sup>1</sup>, Ostrovsky A. N.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology

<sup>2</sup> University of Vienna, Department of Palaeontology,

<sup>3</sup> Zoological Institute, Russian Academy of Sciences,  
Laboratory of Evolutionary Morphology

Мшанки (Bryozoa) — широко распространенные колониальные организмы. Несмотря на то, что мшанки являются важным компонентом морских экосистем, их жизненные циклы изучены слабо. Колония мшанок — это модульная система, состоящая из специализированных зооидов разных типов. Состояние питающихся зооидов — аутозооидов — в колонии постоянно меняется, что является маркером таких процессов в колонии как питание, репродукция, почкование и дегенерация–регенерация. Если проследить, как изменяется соотношение зооидов разных категорий (состояний) в колонии в течение ее жизни (и сезона), можно использовать эти данные для реконструкции жизненного цикла вида. Возможны два принципиально разных подхода к анализу такого рода данных: (а) использование одномерных регрессионных методов для моделирования численности отдельных категорий зооидов (например, обобщенные аддитивные модели, GAM) или (б) применение многомерных методов для анализа структуры в целом (например, канонический корреляционный анализ, CCA). Мы проанализировали преимущества и недостатки этих подходов для анализа динамики структуры ко-

лоний мшанок *Cribrilina annulata*, *Electra pilosa* и *Callopora craticula*, собранных в Белом море в окрестностях УНБ СПбГУ «Беломорская» в 2009–2015 гг.

GAM — разновидность регрессионных моделей, позволяющая с помощью сплайнов реконструировать нелинейные зависимости произвольной и заранее не известной исследователю формы. Это удобно для реконструкции динамики численности, поскольку позволяет учесть ситуации, когда численность отдельных категорий может иметь несколько пиков в течение сезона. Для оценки параметров сплайнов необходимо много наблюдений. Так, для надежной реконструкции зависимости численности от времени нужно 15–20 уникальных дат наблюдений в течение всего периода, желательно, без больших пропусков. Самое важное ограничение применения GAM для анализа структуры колонии — это множественное тестирование на одном и том же массиве данных. Численности зооидов разных категорий взаимосвязаны, но отдельный анализ не учитывает этих взаимосвязей.

ССА когда-то был разработан для анализа геоботанических описаний, чтобы на основании анализа таблиц частот связать обилие видов на площадках с факторами среды. Эта техника ординации позволяет анализировать частоты разных категорий зооидов одновременно, избежав множественного тестирования. Однако при помощи ССА нельзя описать функциональную зависимость между численностями зооидов разных категорий в колонии и внешними факторами. Кроме того, ССА предполагает унимодальное распределение частот в диапазоне значений факторов, поэтому чувствительность метода низка в случае, если у зооидов разных типов есть несколько пиков численности в течение сезона.

Таким образом, выбор между двумя описанными подходами должен определяться характером данных и задачами исследования. Применение GAM позволяет с высокой детализацией моделировать динамику численности зооидов разных категорий независимо друг от друга, даже в случае нескольких пиков численности в сезон. ССА позволяет получить обзорную картину динамики структуры колоний с учетом многих категорий зооидов одновременно, однако требует, чтобы для каждой категории наблюдался один пик численности в течение сезона.

*Проект выполняется при поддержке СПбГУ (гранты 1.38.233.2015 и 1.42.1493.2015). Исследование выполнено с использованием ресурсов Учебно-научной базы «Беломорская» Санкт-Петербургского государственного университета.*

## **ШУМНЫЕ СОСЕДИ. ВЛИЯНИЕ НЕГАТИВНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В АРКТИКЕ НА МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ И ПТИЦ И МЕРЫ ЕГО МИНИМИЗАЦИИ**

*Артюшков Ф. О., Петров С. А., Удовик Д. А.*

Центр морских исследований МГУ им. М. В. Ломоносова  
АО «Институт экологического проектирования и изысканий»

## **NOISY NEIGHBORS. NEGATIVE ANTHROPOGENIC IMPACT ON MARINE MAMMALS AND BIRDS IN THE ARCTIC AND WAYS OF ITS MINIMIZATION**

*Artiushkov F. O., Petrov S. A., Udovik D. A.*

Lomonosov Moscow State University Marine Research Center  
АО «Institute of Environmental Survey, Planning & Assessment»

Моря российской Арктики до начала прошлого столетия оставались слабо изученными и мало эксплуатируемыми человеком в виду своей труднодоступности. Однако в последние десятилетия интерес к данному региону возрос, а с ним увеличилось и антропогенное давление. Это связано с рядом экономических и политических причин, основными из которых являются следующие:

- Северный морской путь является кратчайшей морской торгово-транспортной связью между Европой и дальневосточными странами, в которых сейчас сосредоточены наибольшие мировые производственные мощности;
- в последнее время резко возрос интерес к горючим полезным ископаемым арктического континентального шельфа, таким как нефть и газ, освоение которых является одним из приоритетных направлений российской экономики;
- во время нестабильной внешнеполитической ситуации в мире пограничные моря российской Арктики являются важными военно-стратегическими пунктами, где за последние годы прошло несколько масштабных военных учений.

В связи с увеличением присутствия в акватории судов, а также строительством новых портов и нефтегазовых сооружений важнейшей задачей является защита и сохранение уникальных экосистем и биоразнообразия акватории и береговых районов арктических морей. В соответствии с рядом международных конвенций

и Федеральным законом № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» компании, проводящие работы в морях Арктики, осуществляют комплексный экологический мониторинг и производственный экологический контроль. Это способствует накоплению информации о состоянии экосистем и позволяет своевременно принимать эффективные и адекватные природоохранные меры.

В частности, для мониторинга состояния популяций морских млекопитающих и птиц с борта судов в качестве наблюдателей привлекаются специалисты-экологи и биологи. В их задачу входит видовая идентификация животных и регистрация их поведения, определение численности, полового и возрастного состава. Цель выполнения поставленных задач — минимизация негативного антропогенного воздействия на фауну и среду её обитания посредством своевременного обнаружения животных и контроля соблюдения требований природоохранного законодательства при выполнении работ.

Степень негативного воздействия на морских млекопитающих в значительной степени зависит от издаваемого шума при работе судна и оборудования. На данный момент интенсивность звука 180–190 дБ на 1  $\mu$ Па считается критическим уровнем, превышение которого является опасным для животных (Malme et al., 1989; Cavanagh, 2000). Такие сигналы, издаваемые, например, некоторыми типами геологоразведочного оборудования, могут вызвать у морских млекопитающих реакцию избегания и изменения в поведении, смещение путей миграции и мест нагула (Richardson et al., 1995; Goold, 1996). Длительное воздействие интенсивных шумов может привести к временному изменению слуховых порогов у китообразных (Lucke., Siebert, 2009; Mooney et al., 2009). Прямое воздействие шума на организм китообразных мало исследовано, однако свидетельств повреждения слуха под воздействием высокочастотных сигналов получено не было (Evans, Nice, 1998; Dalen, 2007). Расстояния, на которых животные начинают проявлять те или иные поведенческие реакции, изменяются в диапазоне от 1–2 до нескольких десятков километров от источника звука (Stone, 2000). При реализации комплекса защитных мер воздействие на морских млекопитающих можно свести к незначительному. Такими мерами являются: постепенное наращивание шумового воздействия, соблюдение зон безопасности, непрерывное слежение за присутствием животных в районе проведения работ.

Физическое присутствие судов также влияет и на поведение птиц, что может привести к их перемещению в более спокойные



участки. Ночная подсветка судов может ослеплять птиц, что приводит к их столкновению с надводными конструкциями, травмам и гибели. Некоторые представители орнитофауны могут использовать судно как место для отдыха при длительных перелётах и сносах сильными ветрами на большие расстояния от берега. Однако для птиц, не являющихся рыбадными и водоплавающими, это может стать причиной гибели от голода. Тем не менее, натурные наблюдения показали, что работающие в море суда не приводят к значимому повышению смертности птиц или же их пространственному перераспределению (Stemp, 1985; Turnpenny, Nedwell, 1994; Evans, Nice, 1996; Lacroix et al., 2003).

## ПЕРСПЕКТИВЫ СОТРУДНИЧЕСТВА ООО «ФЕРТОИНГ» И УНБ «БЕЛОМОРСКАЯ» В КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРИРОДЫ БЕЛОГО МОРЯ

*Густайтис А. Н.<sup>1</sup>, Смагин Р. Е.<sup>2</sup>, Липатов М. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ООО «Фертоинг», отдел мониторинга окружающей среды

<sup>2</sup> СПбГУ, ИНоЗ, кафедра океанологии

## THE PROSPECTS OF FERTOING LTD AND EDUCATIONAL AND RESEARCH STATION BELOMORSKAYA COOPERATION IN INTEGRATED NATURAL STUDIES OF THE WHITE SEA

*Gustaytis A.<sup>1</sup>, Smagin R.<sup>2</sup>, Lipatov M.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Fertoing Ltd, Environmental monitoring department

<sup>2</sup> Saint Petersburg State University, Institute Of Earth Sciences,  
Department of Oceanology

За последние 10 лет бизнес-среда в РФ подверглась значительным переменам. Вследствие этого изменились требования к уровню образования и профессиональной подготовке специалистов различного профиля. Стало очевидным, что в систему высшего образования необходимо внедрять прикладной подход в большей степени ориентированный на потребности рынка. В данном контексте остро стоит вопрос о кооперации вузов и компаний, задействованных в производственной деятельности (Ларцева, 2017, «Анализ успешного опыта взаимодействия вузов с бизнес-структурами»).

Современная мировая практика показывает, что правильно организованное партнёрство вузов и компаний является взаимовыгодной формой сотрудничества, в рамках которого обе стороны добиваются успеха и ряда преимуществ. Для вузов это получение новых знаний и возможностей, повышение престижа заведения, гарантии трудоустройства выпускников. Для компаний — повышение наукоемкости и эффективности производства, обеспечение кадрового резерва, формирование положительного имиджа (Дырдонова и др., 2014, «Трансфер инновационных технологий в промышленном секторе Германии: кластерный подход»).

В целом можно выделить следующие элементы универсальной модели взаимодействия:

- сотрудничество в сфере исследований (реализация совместных проектов, работа по грантам, НИОКРам и т. д.);

- академическая мобильность — привлечение преподавательского состава вуза к работе на производстве, а инженерно-технического персонала производственной компании — к деятельности в условиях вуза (проведение мастер-классов, совместных конференций, чтение тематических лекций и т. д.);
- совместная разработка образовательных программ (согласование тем и ведение курсовых и дипломных работ, участие в разработке магистерских программ и т. д.);
- студенческая мобильность — предоставление компаниями условий для прохождения студенческих практик и стажировок и предоставление возможностей для дальнейшего трудоустройства (Ларцева, 2017).

Как пример перспективного партнерства предлагается рассмотреть взаимодействие между ООО «Фертоинг» и ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский Университет» (далее СПбГУ), в частности сотрудничество с использованием Учебно-научной базы (далее УНБ) СПбГУ «Беломорская» (Республика Карелия, Лоухский р-н, о. Средний) (Смагин, 2017, «К 25-летию учебных океанологических практик студентов СПбГУ на Белом море»).

ООО «Фертоинг» — современная компания, выполняющая морские комплексные инженерные изыскания на шельфе РФ и за ее пределами. Штат компании включает более 320 специалистов в основном инженерного естественнонаучного профиля (гидрография, геология, геофизика, гидрометеорология, экология, геодезия и картография, гидротехника, робототехника и прочее). Люди — одна из главных ценностей компании. По этой причине большое внимание уделяется взаимодействию с профессиональными сообществами, в частности с вузами. Ежегодно более десятка студентов проходят производственные практики, организованные как часть реализуемых компанией проектов, и стажировки в офисе ([www.fertoing.ru](http://www.fertoing.ru)).

История взаимодействия непосредственно СПбГУ и ООО «Фертоинг» берет начало с 2012 г., когда студенты кафедры океанологии факультета географии и геоэкологии в рамках производственной практики прошли стажировку в «Фертоинге», приняв участие в экспедиции в Охотское море. После этого студенты гидрометеорологического и экологического профиля стали ежегодно участвовать в деятельности компании, регулярно пополняя штат её сотрудников. Новый этап наступил в 2017 г., когда стороны заключили соглашение о сотрудничестве, предусматривающее развитие взаимо-

действия в научной, образовательной и производственной областях. Показательным примером такой работы является реализация обобщенной заинтересованности и возможностей компании «Фертоинг» применительно к УНБ «Беломорская». В июле 2017 г. на о. Средний был установлен уровенно-волномерный пост системы автоматизированного гидрометеорологического мониторинга (САГМ), разработанный ООО «Фертоинг» ([earth.spbu.ru/news-events/news-all\\_1061](http://earth.spbu.ru/news-events/news-all_1061)). Данная система уже установлена во многих портах и на рабочих площадках на побережье Арктики, Балтийского, Черного и Охотского морей и зарекомендовала себя как надежное и высокоточное средство для оперативного мониторинга гидрологического режима акваторий. В результате сотрудники и студенты СПбГУ получили возможность в режиме реального времени посредством интернета получать информацию о колебаниях уровня в этой точке моря. Получаемая информация имеет как практическую ценность (оперативность и доступность, важные для планирования), так может представлять и научное значение для исследования гидрологии Белого моря. На рисунке 1 представлен общий вид уровенного поста САГМ, на рисунке 2 — программное обеспечение, через которое можно получать и анализировать данные.

Стоит отметить, что для установки дорогостоящего оборудования потребовалось обращение к практическому опыту сотрудников СПбГУ. Университетские океанологи и гидробиологи предоставили профессиональные консультации специалистам компании, поскольку без этих сведений (общая информация о специфике местных приливов, выбор места установки, подбор материалов для крепежа и монтажа элементов измерителя на скальной поверхности и др.) наладить работу прибора в штатном режиме было бы сложно.

Бесспорно, УНБ «Беломорская» имеет ряд преимуществ (уникальные природные условия, инфраструктура, доступность), совокупность которых делает ее отличным полигоном для учебных практик и комплексных научных исследований. Каждый летний сезон на базе проводятся учебные практики для студентов широкого диапазона специализаций: зоологи, ихтиологи, гидробиологи, океанологи, гидрологи, ботаники и т.д. ([mbs.spbu.ru](http://mbs.spbu.ru)). Реализованное в июле 2017 г. совместное мероприятие по установке уровенного поста — лишь малая часть того, что может быть сделано в рамках партнерской программы. Компания «Фертоинг» имеет парк современного высокотехнологичного оборудования для морских исследований, профессиональные кадровые ресурсы и потенциал идей,



чиков-гидрофонов, предназначенных для акустического учета млекопитающих и исследования их поведенческих особенностей).



Рис 3. Видеокомплекс для визуального учета макрозообентоса производства ООО «Фертоинг»

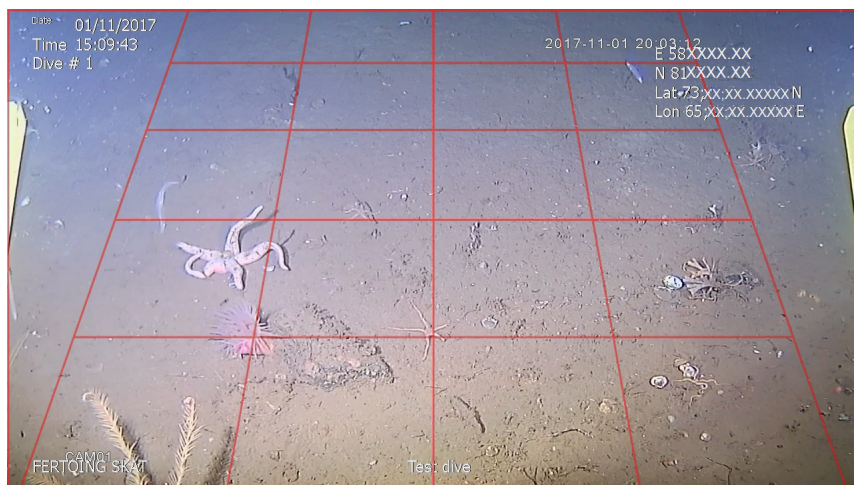


Рис 4. Скриншот визуального обследования морского дна при помощи видеокомплекса «СКАТ» в экспедиции ООО «Фертоинг» в Карское море в 2017 году

Очевидно, что опыт и профессионализм НПР СПбГУ, многие годы работающих на Белом море, пригодится при реализации дальнейших партнёрских планов.

---

---

# УСТНЫЕ ДОКЛАДЫ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

## **ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА ДЛЯ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С ЦЕЛЬЮ КОМПЛЕКСНОГО КАРТИРОВАНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН НА ПРИМЕРЕ ЛИТОРАЛИ КАРЕЛЬСКОГО БЕРЕГА БЕЛОГО МОРЯ**

*Барымова А. А., Кокорин А. И.*

Центр морских исследований МГУ им. М. В. Ломоносова

## **UAVS USAGE FOR AERIAL IMAGING AND COASTAL ZONE INTEGRATED MAPPING APPLIED TO WHITE SEA LITTORAL**

*Barymova A., Kokorin A.*

Lomonosov Moscow State University Marine Research Center

В настоящее время отрасль картографии и дистанционного зондирования переживает новый виток развития в области сбора пространственных данных благодаря широкому распространению серийных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Точное топографическое картирование имеет решающее значение для различных природоохранных зон, в том числе литоральных (приливо-отливных), традиционно считающихся уязвимыми для неблагоприятных антропогенных воздействий.

Традиционные контактные методы исследования литорали требуют высокой квалификации исполнителей, являются времязатратными и трудозатратными. Сложности, возникающие при проведении подобных работ, связаны с транзитным характером литорали и, нередко, с её высокой мозаичностью. Все это затрудняет мониторинг обширных пространств приливо-отливной зоны арктических морей. Этим недостатком лишен дистанционный мониторинг с использованием спутниковых фотоснимков, однако, несмотря на все достоинства, их низкое разрешение, обычно 10–30 метров (Макаров, Спиридонов, 2013), не позволяет детально картировать литораль. Аэрофотосъемка не имеет этого недостатка, а использование срав-

нительно недорогих и, в то же время, функциональных БПЛА позволяет резко снизить её стоимость и повысить доступность.

Полевая часть работы была выполнена в 2017 году в районе Беломорской биостанции МГУ (Кандалакшский залив, Белое море). Съёмка производилась квадрокоптерами DJI Phantom 3 Professional и 4 Pro. Для построения мозаики (единого изображения) из отдельных снимков использовалось ПО Agisoft PhotoScan. Картирование проводилось в программе QGIS. В результате была получена мозаика длиной около 25 погонных километров и шириной от 100 до 360 м. Разрешение съёмки — не ниже 0,5 см.

Показано, что результат выполненной аэрофотосъёмки (собранный мозаика) позволяет решать следующие задачи:

- классификация чувствительности побережья к нефтезагрязнению (ESI; Peterson et al., 2002);
- геологическое картирование литорали (выделение литологических разностей);
- картирование сообществ бентоса;
- оценка проективного покрытия и биомассы макрофитов;
- оценка сезонной динамики проективного покрытия макрофитов.

Таким образом, несмотря на ряд существенных ограничений, таких как чувствительность к погодным условиям, небольшая площадь охвата, необходимость присутствия оператора на месте съёмки, отсутствие спектральных каналов, использованный метод аэрофотосъёмки при помощи БПЛА может рассматриваться как удачное решение для картирования прибрежных зон с целью их комплексного мониторинга.



## ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОЧНЫХ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭМБРИОНАЛЬНОМ РАЗВИТИИ *DYNAMENA PUMILA* (LINNAEUS, 1758)

Ветрова А. А.<sup>1</sup>, Багаева Т. С.<sup>1</sup>, Гладких А. А.<sup>3</sup>,  
Краус Ю. А.<sup>2,4</sup>, Кремнёв С. В.<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> МГУ, биологический факультет, кафедра эмбриологии

<sup>2</sup> МГУ, биологический факультет, кафедра биологической эволюции

<sup>3</sup> МГУ, биологический факультет, кафедра клеточной биологии и гистологии

<sup>4</sup> Институт Биологии Развития РАН

## UNUSUAL CELLULAR MORPHOGENETIC PROCESSES IN THE EMBRYONIC DEVELOPMENT OF *DYNAMENA PUMILA* (LINNAEUS, 1758)

Vetrova A.<sup>1</sup>, Bagaeva T.<sup>1</sup>, Gladkikh A.<sup>3</sup>,  
Kraus Y.<sup>2,4</sup>, Kremnyov S.<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Moscow State University, Faculty of Biology,  
Department of Embryology

<sup>2</sup> Moscow State University, Faculty of Biology,  
Department of Biological Evolution

<sup>3</sup> Moscow State University, Faculty of Biology,  
Department of Cell biology and Histology

<sup>4</sup> Institute of Developmental Biology RAS

Стремительный прогресс эволюционной биологии развития ставит перед исследователями задачу расширения круга модельных организмов. Это связано с тем, что выводы, основанные на данных, полученных при изучении считанного количества модельных объектов, не могут дать нам комплексных и достоверных представлений обо всем многообразии живого мира. Введение в лабораторную культуру колониального гидроида *Dynamena pumila* (Linnaeus, 1758) сможет позволить ответить на важные вопросы эволюции пластичности онтогенеза. Получение же всесторонних знаний о нормальном эмбриональном развитии организма является обязательным этапом при его внедрении в качестве модельного объекта.

Эмбрионы *D. pumila* развиваются в акроцисте, которая формируется гонозооидом (половым гидрантом). В каждой акроцисте в среднем находится около 14 эмбрионов, их развитие продолжается приблизительно 72 часа при температуре 16 °С. В ходе анархического дробления формируется некомпактная морула с рыхло расположенными внутренними клетками, в которой начинаются процессы

гаструляции. Исследование эмбрионального развития на ультраструктурном уровне показало, что основными межклеточными контактами в эмбриональных тканях *D. pumila* являются септированные контактные комплексы. На данный момент нами установлено, что септированные контакты начинают формироваться в поверхностных клетках эмбриона со стадии средней морулы и полностью морфологически определяются к стадии поздней гастрюлы. Кроме того, уже на стадии четырёх бластомеров между клетками были обнаружены нематоциты, которые, вероятно, являются нематоцитами медузоида. На стадии морулы эти нематоциты сохраняются в эмбрионе.

Гастрюляция осуществляется за счет уникальной формы вторичной деламинации. Для стадии гастрюлы характерны неправильная форма эмбриона, а также описанный только для данного вида высокий уровень морфологической и морфогенетической изменчивости, который резко снижается при переходе к стадии препланулы. Процесс гастрюляции осуществляется уникальными клеточными механизмами: во время гастрюляции эпителизация эмбриона начинается одновременно в нескольких областях, что приводит к формированию множественных бластопороподобных структур, из которых только одна становится задним полюсом планулы. Остальные бластопоральные структуры «заживают», формируя цельный эпителиальный пласт. Эмбрионы *D. pumila* на стадии морулы-гастрюлы также обладают удивительным свойством. При культивировании эмбрионов данных стадий вне акроцисты *in vitro* на любом субстрате (пластик, стекло, силикон, агароза, парафильм) они распластываются по предоставленному субстрату вплоть до формирования монослоя клеток. Однако такие условия не препятствуют нормальному развитию в дальнейшем: распластанные эмбрионы способны сформировать нормальную личинку и первичный гидрант. Мы провели качественную оценку распластывания эмбрионов *D. pumila* на различных субстратах. Также, мы не исключаем дополнительного механизма гастрюляции — иммиграцию поверхностных клеток.

Динамика экспрессии генов-маркеров орально-аборальной оси была исследована методом гибридизации *in situ*. В качестве маркера орального полюса был использован *Wnt3*, аборального — *Frizzled3*.

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

## ТРОФИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ МШАНКОЙ *AQUILONIELLA SCABRA* И ЕЕ БАКТЕРИАЛЬНЫМИ СИМБИОНТАМИ: УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА

Карагодина Н. П.<sup>1</sup>, Беликова Е. В.<sup>1</sup>, Котенко О. Н.<sup>1</sup>,  
Мальцева А. Л.<sup>1</sup>, Вишняков А. Э.<sup>1</sup>, Островский А. Н.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

<sup>2</sup>Университет Вены, кафедра палеонтологии

## TROPHIC INTERACTIONS BETWEEN BRYOZOAN *AQUILONIELLA SCABRA* AND ITS BACTERIAL SYMBIONTS: ULTRASTRUCTURAL EVIDENCE

Karagodina N. P.<sup>1</sup>, Belikova E. V.<sup>1</sup>, Kotenko O. N.<sup>1</sup>,  
Maltseva A. L.<sup>1</sup>, Vishnyakov A. E.<sup>1</sup>, Ostrovsky A. N.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology

<sup>2</sup>University of Vienna, Department of Paleontology

Симбиотические ассоциации между прокариотами и морскими колониальными беспозвоночными получили широкое распространение. Такие ассоциации характерны и для мшанок. Описанные у Bryozoa симбионты относятся как к грамположительным, так и к грамотрицательным бактериям. Место их локализации у разных видов варьирует. Известны как внутриклеточные, так и внеклеточные симбионты, локализующиеся в аутозооидах, авикуляриях и выводковых камерах (овицеллах). Для некоторых видов из рода *Bugula* описана вертикальная передача симбионтов от материнских зооидов к личинкам, развивающимся в овицеллах. Тогда как вырабатываемые бактериями метаболиты обеспечивают химическую защиту личинок от поедания мальками рыб, роль бактерий для взрослых организмов остается плохо изученной. Существуют свидетельства влияния симбионтов на процесс ранней дифференцировки женских половых клеток.

Ультраструктурные исследования беломорской хейлостомной мшанки *Aquiloniella scabra* выявили наличие в полости зооидов особых образований — фуникулярных тел, являющихся утолщенными участками фуникулярных тяжей. Фуникулярные тяжи соединяют желудок с коммуникационными порами в стенке зооидов, обеспечивая транспортировку питательных веществ в колонии. Фуникулярные тела различаются по своей форме и размеру, который кор-

релирует с числом бактерий внутри них. Увеличение численности бактерий в фуникулярных телах, а также ряд ультраструктурных деталей (например, многочисленные ветвящиеся цитоплазматические выросты клетки хозяина, находящиеся между симбионтами) свидетельствуют о наличии трофических связей между бактериями и хозяином.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что фуникулярные тела выполняют роль «инкубаторов», поддерживающих процессы жизнедеятельности бактерий и их размножение перед миграцией в выводковые камеры, где они заселяют развивающихся личинок.

*Исследование выполняется при поддержке грантов РФФИ (16-04-00243-а) и СПбГУ (1.38.233.2015 и 1.42.739.2-17). Исследование выполнено с использованием ресурсов Учебно-научной базы «Беломорская» Санкт-Петербургского государственного университета.*

## ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПРИКЛАДНОГО ЗНАЧЕНИЯ РЯДА МАКРОФИТНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ БЕЛОГО МОРЕЯ

Кушнарева А. В.<sup>1</sup>, Лемешева В. С.<sup>1</sup>, Кучаева Л. Н.<sup>1</sup>,  
Осмоловская Н. Г.<sup>1</sup>, Биркемайер К.<sup>2</sup>, Тараховская Е. Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> СПбГУ, кафедра физиологии и биохимии растений

<sup>2</sup> Университет Лейпцига, факультет химии и минералогии

## THE ESTIMATION OF POTENTIAL PRACTICAL RELEVANCE OF SOME MACROPHYTIC ALGAE FROM THE WHITE SEA

Kushnareva A.<sup>1</sup>, Lemesheva V.<sup>1</sup>, Kuchaeva L.<sup>1</sup>,  
Osmolovskaya N.<sup>1</sup>, Birkemeyer C.<sup>2</sup>, Tarakhovskaya E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University,  
Department of Plant Physiology and Biochemistry

<sup>2</sup> Leipzig University, Faculty of Chemistry and Mineralogy

Морские макрофитные водоросли представляют собой ценный биологический ресурс, широко используемый в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности. Белое море характеризуется большими запасами макрофитов, однако прикладной потенциал беломорских видов в настоящее время до конца не изучен. Цель данного исследования — оценить содержание веществ, имеющих потенциальное прикладное значение, в талломах ряда беломорских макрофитных водорослей.

Для исследования были использованы образцы 11 видов красных водорослей, собранных в районе Керетского архипелага (Кандалакшский залив Белого моря). Для определения содержания низкомолекулярных метаболитов (углеводов, свободных аминокислот, органических кислот) была использована газовая хроматография, сопряженная с масс-спектрометрией. Содержание общего и растворимого белка было определено методом Лоури-Фолина. Для исследования минерального состава пробы водорослей были подвергнуты мокрому озолению, после чего содержание серы, фосфора и магния определяли стандартными спектрофотометрическими методиками.

Наибольшее общее содержание белка (до 30 % сухой массы) отмечено в талломах *Ceramium rubrum* — вида, в настоящее время в промышленности не используемого. Наибольшее относительное содержание растворимого белка (75 % от общего содержания белка) характерно для тканей *Ptilota plumosa*. Минимальное содержание

белка (~ 8 % сухой массы таллома) было отмечено у беломорских видов-агароносов — *Ahnfeltia plicata* и *Furcellaria fastigiata*.

Практически все исследованные виды водорослей содержали значительные количества свободных аминокислот, включая незаменимые аминокислоты. В талломах *Palmaria palmata* отмечено высокое содержание бета-аланина — вещества, используемого как компонент спортивного питания, способного повышать выносливость при анаэробных нагрузках. Во всех образцах в большом количестве были найдены свободные углеводы и полиненасыщенные жирные кислоты. Некоторые виды (преимущественно — *F. fastigiata* и *Phyllophora brodiaei*) содержат значительное количество специфического запасного продукта красных водорослей — флоридозида, который в настоящее время активно исследуется как иммуномодулирующий препарат, препарат для лечения рака, а также как компонент нетоксичных антиобратательных покрытий. В талломах *Ph. brodiaei* и *Phycodryx sinuosa* обнаружено относительно высокое содержание арахидоновой кислоты — незаменимой для человека омега-6-полиненасыщенной жирной кислоты.

Наибольшее общее содержание магния отмечено у *Corallina officinalis*, что, вероятно, связано со спецификой строения таллома этого вида, в котором магний накапливается вместе с солями кальция. Также высокие концентрации магния были отмечены у *Euthora cristata* и *P. plumosa* (~ 0,7 % сухой массы). Наибольшее содержание серы показано у *E. cristata*, *P. plumosa* и *Rhodomela subfusca*, а наибольшее содержание фосфора — у *R. subfusca*, *P. plumosa* и *C. rubrum*.

На основании полученных результатов мы можем заключить, что изученные виды имеют значительный потенциал для прикладного использования. Особый интерес представляют малоизученные с точки зрения физиологии и биохимии виды, такие как *P. plumosa* и *C. rubrum*, которые в настоящее время совершенно не находят практического применения.

*Проект выполняется при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-04-01331).*

# МАЛАКОФАУНИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ МОРСКИХ МОЛЛЮСКОВ)

*Овчинникова А. И.*

СПбГУ, кафедра геоморфологии

## MALAKOFAUNA METHOD FOR PALEO GEOGRAPHIC RECONSTRUCTIONS (A CASE STUDY OF MARINE MOLLUSKS)

*Ovchinnikova A.*

Saint Petersburg State University,  
Department of Geomorphology

Малакофаунистический метод активно используется при реконструкции и корреляции палеогеографических событий. Малакофаунистическому анализу часто подвергаются раковины морских моллюсков, которые являются преобладающей группой шельфовых макробентосных организмов. Расчленение позднекайнозойских морских отложений базируется на эволюционных изменениях ряда групп моллюсков и, главное, на смене различных в экологическом отношении палеосообществ (Талденкова, 2010).

Морские моллюски ведут разный образ жизни (зарываются в мягкий грунт, прикрепляются к твердому субстрату биссусными нитями/цементом, либо свободно перемещаются по дну). Соответственно, на расселение моллюсков влияют множество факторов: географическая зональность, вертикальная зональность, состав грунтов, гидродинамика вод, скорость осадконакопления. Например, для морей Северной Пацифики (Скарлато, 1981) характерно постепенное сокращение с юга на север числа тепловодных видов и увеличение числа холодноводных. Однако есть и отклонения, связанные с воздействием течений: наличие теплого течения вдоль берегов Аляски позволяет бореальным элементам фауны у этого побережья распространяться существенно севернее, чем у берегов Чукотки. Вертикальное распределение моллюсков зависит от снижения температуры, распространения разных типов грунтов и придонных течений.

Стоит отметить, что для многих моллюсков определяющим фактором является не температура, а именно характер грунтов, который коррелирует со стратегией добычи пищи. Например, в Белом

море мелководный моллюск *Portlandia arctica* живёт на несвойственной ему глубине (более 100 м), так как на малой глубине нет необходимых ему мягких грунтов (Семенова, 1979). Грунты влияют на становление определенных пищевых группировок бентоса, поэтому для анализа донной фауны широко применяется именно трофический признак (Кузнецов, 1984).

По смене ископаемых комплексов моллюсков можно диагностировать следующие палеогеографические события: потепление или похолодание вод, изменения уровня моря (трансгрессии и регрессии), проникновение теплых или холодных течений, существование проливов или сухопутных порогов. При этом необходима одновременная реконструкция всех параметров (палеотемператур, глубин, грунтов и трофических группировок), так как иначе можно исказить палеогеографическую картину (Талденкова, 2010).

Анализ фауны морских моллюсков позволяет выявить корреляции (как местные, так и региональные) между определёнными палеогеографическими событиями. Примером местной корреляции может служить корреляция на шельфе залива Нортон, где были найдены моллюски древних трансгрессий, соотношение аминокислот в раковинах которых соответствовало таковому в раковинах из береговых берингийских и анвильских отложений (Kaufman, Hopkins, 1989; Kaufman, 1992). Региональная корреляция моллюсков североокеанских и североаляскинских побережий (Кафанов, 1979, 1981; Талденкова, 1992) помогла сделать вывод о том, что температурные условия этих регионов были сходны, и в поздний плиоцен существовал Берингов пролив и мощное тёплое течение из Тихого океана.

Однако есть и ограничения в использовании морских моллюсков при палеогеографических реконструкциях. В первую очередь, сказывается слабая изученность и фрагментарность данных по ископаемым моллюскам (находки из скважин), а также невозможность производить однозначные возрастные определения, так как виды с ограниченным диапазоном существования не существуют. Кроме того, происходила смена ареалов у ряда видов, что тоже нужно учитывать при реконструкциях (Талденкова, 2010).



## МЕЧНИКОВЕЛЛИДЫ — ГИПЕРПАРАЗИТЫ ПОЛИХЕТ

Фролова Е. В., Паскерова Г. Г.

СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

## METCHNIKOVELLIDEANS — HYPERPARASITES OF BRISTLE WORMS

Frolova E. V., Paskerova G. G.

Saint Petersburg State University,  
Department of Invertebrate Zoology

Семейство Metchnikovellidae (класс Rudimicrosporea, тип Microsporidia) объединяет одноклеточных паразитов морских грегаринов, обитающих в кишечнике полихет (Vávra, Larsson, 2014). К сегодняшнему дню описано менее 30 видов мечниковеллид (Paskerova et al., 2016). Одной из характерных и, предположительно, плезиоморфных черт мечниковеллид является способность формировать спороцисты вокруг спор (Vivier, 1975). В отличие от типичной споры микроспоридий, спора мечниковеллид не имеет якорного диска, поляропласта, а их полярная трубка редуцирована до толстого манубриума без спирально закрученной части. Считается, что своеобразный аппарат экстрюзии является не результатом упрощения, а, скорее, промежуточным этапом эволюционного становления типичной споры микроспоридий (Mikhailov et al., 2017). Исследование мечниковеллид может помочь понять эволюционную историю микроспоридий и их филогенетические связи среди Описоспоридий — сестринской группе грибов, включающей в себя, помимо типа Microsporidia, типы Cryptomycota и Aphelida.

Мечниковеллиды являются достаточно сложным для изучения объектом, что связано с их гиперпаразитическим образом жизни и микроскопическим размером. Методы сбора и изучения морских гиперпаразитов включают в себя поиск и вскрытие полихет, отбор зараженных микроспоридиями грегаринов из кишки полихет и их последующее изучение с помощью световой микроскопии. Летом 2017 года в окрестностях Учебно-научной базы «Беломорская» СПбГУ (губа Яковлева, Кандалакшский залив Белого моря) были собраны полихеты *Ophelia limacina*. Вскрытие 22 экземпляров офелий под бинокулярном МБС-10 (ЛОМО) показало, что 16 червей были заражены архигрегаринами рода *Selenidium*. Селенидиумы показывали очень слабую подвижность и, в целом, напоминали недавно описанного паразита *S. opheliae* из *O. roscoffensis* (Rueckert, 2017). В неко-

торых архигрегарирах были обнаружены ранние стадии развития и цисты микроспоридий. Зараженные селенидиумы были перенесены на предметные стекла и изучены под световым микроскопом Jenanal (Carl Zeiss), оснащенным цифровой камерой. Овальные цисты располагались в цитоплазме хозяина вокруг ядра и ближе к заднему концу. Размер цист варьировал от 7 до 14,9  $\mu\text{m}$  в длину ( $n = 26$ ) и от 3 до 5  $\mu\text{m}$  в ширину ( $n = 26$ ). Споры внутри цист овальной или яйцевидной формы, уложены в два ряда. Количество спор в цисте приблизительно равно 8–10 ( $n = 3$ ). Кроме цист, в цитоплазме некоторых грегаринов были обнаружены светлые вакуоли разных размеров и пространства нитевидной формы, что напоминает стадии раннего развития некоторых известных мечниковеллид, например, *Metchnikovella selenidii* (Аверинцев, 1908).

Мы провели сравнительный анализ морфологии цист обнаруженной нами микроспоридии и ранее описанных мечниковеллид из грегаринов, паразитирующих в кишечнике полихет. Результаты анализа дают нам основание предположить, что микроспоридия, паразитирующая в *Selenidium* sp. из кишки *Ophelia limacina*, является представителем рода *Metchnikovella*. Для подтверждения видового статуса найденной формы микроспоридий необходимы дальнейшие исследования с применением методов молекулярной биологии и электронной микроскопии.

*Проект выполняется при поддержке РФФИ (18-04-01359, 18-04-00324), а также гранта СПбГУ (1.42.723.2017). Исследование выполнено с использованием ресурсов Учебно-научной базы «Беломорская» Санкт-Петербургского государственного университета.*

---

---

## ПОСТЕРНЫЕ ДОКЛАДЫ

### ЛИЧИНКА *PUYNOGONUM LITORALE* — PER ASPERA AD ASTRA

Алексеева Н. В., Шунатова Н. Н.

СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

### LARVA OF *PUYNOGONUM LITORALE* — PER ASPERA AD ASTRA

Alexeeva N., Shunatova N.

Saint Petersburg State University,  
Department of Invertebrate Zoology

Морские пауки (*Pycnogonida*) — уникальная группа хелицеро-вых, сохранивших анаморфный рост. Личинки пикногонид весьма разнообразны по строению, и разными авторами неоднократно были предприняты попытки их классификации. Однако все схемы построены только на основании внешних признаков, поскольку лишь единичные работы в той или иной степени освещают микроанатомию и внутреннее строение личинок. Базовым вариантом организации личинок принято считать экзотрофного протонимфона, и ранее нами было исследовано тонкое строение такой личинки на примере *Nymphon brevistre*. К этому же типу относят и личинок *Pycnogonum litorale*, однако в ходе предварительных наблюдений нами было отмечено, что личинки представителей данного вида, хотя внешне очень сходны с типичным протонимфоном, не питаются. В связи с этим нами было исследовано тонкое строение личинок *P. litorale*.

Материал был собран на литорали острова Немецкий (Баренцево море), пробоподготовка проведена по стандартным электронно-микроскопическим методикам на базе ресурсного центра «Развитие молекулярных и клеточных технологий» СПбГУ.

Личинки небольшие ( $L = 100\text{--}120$  мкм), имеют округлое туловище, к которому спереди крепится конический хоботок, оканчивающийся треугольным ртом. К туловищу причленяются хелифоры

и две пары личиночных ног. Столь характерные для остальных протонимфонов железы клешней и хоботка отсутствуют, и у личинок *P. litorale* имеются только кожные железы и прядильный аппарат, который обладает рядом специфических черт: прядильный шип чрезвычайно длинный, секреторные клетки не функционируют, а проток заканчивается слепо в основании прядильного шипа. Тело личинки покрыто однослойным эпителием, в цитоплазме клеток обнаружены запасные питательные вещества; личинка эндотрофна.

Строение передней кишки отличается от такового у типичных протонимфонов: ротовая полость занимает весь хоботок, а глотка и цедильный аппарат отсутствуют — мы полагаем, что это связано с эндотрофностью и небольшими размерами тела. Средняя кишка замкнута, формирует три пары коротких дивертикулов, которые соответствуют хелифорам, личиночным ногам и первой паре ходных ног. Уникальна и структура массивных клеток обкладки кишки на её дорсальной и латеральных и поверхностях: их цитоплазма заполнена крупными вакуолями с прозрачным содержимым и единичными округлыми включениями, в центре располагается ядро и типичный набор органоидов. Подобные клетки занимают все пространство между кишкой и стенкой тела.

Нервная система состоит из надглоточного и подглоточного ганглиев, последний из которых, в отличие от такового у типичных протонимфонов, включает не только нейромеры, иннервирующие личиночные ноги, но и нейромер, который впоследствии будет иннервировать первую пару ходных ног. Еще одной специфической чертой является малое количество клеток в составе вентральных органов (нейроэпителиальных зачатков).

Полученные нами данные свидетельствуют, что для типизации личинок пикногонид некорректно использовать лишь признаки внешнего строения, необходимо выработать систему критериев, базирующуюся на данных о строении тех систем органов, которые претерпевают наиболее серьезные изменения в ходе анаморфного роста.

*Проект выполняется при поддержке грантов СПбГУ 0.40.485.2017 и 1.42.739.2017. Исследование выполнено с использованием ресурсов Учебно-научной базы «Беломорская» Санкт-Петербургского государственного университета.*

## ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПРОЛИВА СУХАЯ САЛМА

*Анисимова А. В.*

СПбГУ, кафедра океанологии

## HYDROLOGICAL CONDITION OF DRY SALMA STRAIT

*Anisimova A. V.*

Saint Petersburg State University,

Department of Oceanography

В рамках летней учебной практики студентов 2 курса кафедры океанологии СПбГУ, проходившей в период с 13 июня 2017 по 12 июля 2017 г. на УНБ «Беломорская», совместно с сотрудниками кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ была проведена суточная станция в проливе Сухая Салма (между о. Кереть и о. Большой Горелый,  $\varphi = 66^{\circ}18'51''$  с.ш.;  $\lambda = 33^{\circ}38'21''$  в.д.). Целью данного исследования являлось определение основных гидрологических характеристик, влияющих на жизненный цикл беломорской колюшки.

26.06.2017 г. с 18:00 в течение суток при помощи зонда «CTD-2002» каждый час измеряли температуру воды и электропроводность, от поверхности до дна. На горизонтах 0, 1, 2 и 3 м при помощи измерителя течений «Вектор-2» каждый час измеряли скорость течения и его направление. При помощи установленной на литорали рейки каждый час отмечали уровень стояния воды (в 18:20 следующих суток было произведено последнее наблюдение). В ходе обработки данных были получены временной ход вертикальных профилей солёности и температуры, временное распределение скорости и направления течения, а также суточный ход уровня моря.

В проливе Сухая Салма распространение приливной волны происходит в условиях мелководья, что приводит к асимметриям подъёма и спада уровня: время роста и время падения уровня сильно отличаются друг от друга. В момент наступления малой воды отмечается стояние уровня, причём значение этого параметра остаётся практически постоянным в течение 12 часов. Далее уровень моря несколько увеличивается, а в момент наступления полной воды отмечается стояние уровня продолжительностью около часа. Вероятнее всего, такой ход уровня связан с тем, что исследуемая акватория является достаточно закрытой, и заметное повышение уровня наблюдается только в фазу прилива и в период сизигии. Мы можем

предположить, что в период квадратуры колебания уровня моря происходят в ещё меньшем диапазоне.

Отмеченное нами вертикальное распределение температуры и солёности типично для летнего периода, когда уже сформирована устойчивая стратификация вод. Условно можно выделить три характерных слоя: поверхностный слой (0–1 м), промежуточный (1–2,5 м) и глубинный (2,5–4,5 м). После наступления фазы полной воды в поверхностном слое появляются линзы вод с высокой солёностью. Это можно объяснить тем, что во время прилива из основной акватории, обладающей большей глубиной, поступает вода с большей солёностью, которая впоследствии формирует небольшие «языки», заходящие в поверхностный слой.

В проливе Сухая Салма за всё время наблюдений была зафиксирована низкая скорость течений. В поверхностном слое воды значения этого параметра варьировали от 1 до 5 см/с, в промежуточном и придонном слоях были еще ниже, а в некоторые моменты времени равнялись нулю. Отмеченные особенности также объясняются закрытостью и мелководностью исследуемой акватории.

## ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПИТАНИИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РЫБ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

Бахвалова А. Е., Иванов М. В.,  
Иванова Т. С., Лайус Д. Л.

СПбГУ, кафедра ихтиологии и гидробиологии

## AGE-RELATED CHANGES IN FEEDING OF SOME FISHES OF THE KANDALAKSHA BAY, WHITE SEA

*Bakhvalova A., Ivanov M., Ivanova T., Lajus D.*

Saint Petersburg State University,  
Department of Ichthyology and Hydrobiology

Для количественного описания трофических взаимодействий в прибрежных сообществах важно хорошо представлять связь между размером рыб и составом их рациона. Целью настоящей работы является выявление возрастных закономерностей в питании рыб, обитающих в прибрежной зоне Кандалакшского залива Белого моря.

Материал был собран в июне–сентябре 2013–2015 гг. с помощью жаберных сетей ячеей 16–40 мм и равнокрылого невода в типичных для губы Чула прибрежных биотопах — губах глубиной до 8 м, с высоким обилием фитобентоса (*Zostera marina*, фукоиды). Из 18 зарегистрированных видов рыб самыми массовыми были треска *Gadus morhua*, навага *Eleginus nawaga*, керчак *Myoxocephalus scorpius*, сельдь *Clupea pallasii*, корюшка *Osmerus dentex*, рогатка *Trigloporus quadricornis*. Их размер варьировал в пределах 9–40 см, возраст — 0+–5+.

Треска в возрасте 1+ (длина 10–20 см) потребляет в значительном количестве мальков трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* (17 % массы пищевого комка). В возрасте 1+–3+ (10–30 см) она питается в основном Polychaeta, главным образом *Alitta virens* (15–20 %), и рыбами — песчанка, девятииглая колюшка и др. В возрасте 2–4 лет (20–30 см) в желудках трески доминирует икра колюшки, составляя у трехлетних рыб 43 % массы пищевого комка. В возрасте 4 лет (30–40 см) треска предпочитает взрослых особей колюшки (32 % массы пищевого комка). В целом, у этого вида наибольший вклад в размерно-возрастную изменчивость питания вносит икра трехиглой колюшки (SIMPUR, 20 %).

Молодь наваги (возраст 0+, длина 6–11 см) питается, в основном, мальками колюшки (62 %) и бокоплавами (14 %); в желудках особей

в возрасте 1+-2+ (11-17 см) доминируют Polychaeta (25 %), однако важную роль играют также мальки колюшки (19 %). Трехлетние наваги (около 20 см), потребляют больше взрослых колюшек (9 %), чем рыбы других возрастов. Polychaeta — основные пищевые объекты наваги в возрасте 1-4 года (11-27 см), они доминируют у наиболее крупных рыб возраст — 3+-4+, длина — 22-27 см). Также, в рационе этой группы самую большую долю (44 % массы пищевого комка) составляют другие рыбы (песчанка, девятииглая колюшка).

Корюшка при длине тела 10-15 см питается в основном мальками трехиглой колюшки, особи размером 15-21 см — в основном донными Polychaeta, а при длине тела 21-27 см — другими видами рыб (песчанка, девятииглая колюшка).

У керчака и рогатки возрастные изменения выражены незначительно, они питаются в основном трехиглой колюшкой и ракообразными (креветки, эуфазиевые раки, бокоплавцы). Сельдь, будучи типичным планктофагом, в период массового присутствия молоди колюшки в прибрежье питается в основном ею.

В целом, у изученных видов рыб наблюдается ярко выраженная размерно-возрастная изменчивость питания. С увеличением линейных размеров в рационе хищников увеличивается доля рыбы и возрастают размеры кормовых объектов — они переключаются с планктонных и донных беспозвоночных на потребление рыб, что хорошо согласуется с обширной литературой.

*Исследование выполнено с использованием ресурсов Учебно-научной базы «Беломорская» Санкт-Петербургского государственного университета.*



## РЕПЕРТУАР ЛИГАНДОВ СИГНАЛЬНОГО ПУТИ TGF-BETA У БЕЛОМОРСКОЙ ГУБКИ *HALISARCA DUJARDINI* (DEMOSPONGIAE)

Борисенко И. Е., Ересковский А. В.

СПбГУ, кафедра эмбриологии

## THE REPERTOIRE OF LIGANDS OF THE TGF-BETA SIGNALING PATHWAY IN THE WHITE SEA SPONGE *HALISARCA DUJARDINI* (DEMOSPONGIAE)

Borisenko I., Ereskovsky A.

Saint Petersburg State University,  
Department of Embryology

Сигнальный путь TGF-beta представляет собой каскад межмолекулярных взаимодействий, который включает паракринные белки-лиганды, относящиеся к суперсемейству TGF-beta, и внутриклеточные пути проведения сигнала, опосредованного SMAD-белками. Суперсемейство белков TGF-beta объединяет семейства собственно TGF-beta белков, семейство BMP (bone morphogenetic proteins), семейство активинов, белки Vg1, белки GDNF (glial-derived neurotrophic factor), белки MIF (Mullerian inhibitory factor). Функции представителей каждого из этих семейств крайне разнообразны — они принимают участие почти во всех процессах развития многоклеточных животных путем регуляции пролиферации, дифференцировки, апоптоза, организации цитоскелета, адгезии и миграции клеток.

У большинства билатеральных животных две перпендикулярные оси тела, передне-задняя и дорсо-вентральная, специфицируются за счет активности сигнальных путей TGF-beta (в частности — *drp/BMP*) и Wnt. У демоспонгии *Amphimedon queenslandica*, чей геном был секвенирован первым среди губок, молекулы лигандов TGF-beta и Wnt экспрессируются вдоль передне-задней оси зародыша и личинки, подчеркивая радиальную симметрию. Любопытно, что у радиально-симметричной книдарии *Nematostella vectensis* паттерн спецификации осей тела также определяется TGF-beta и Wnt. Передне-задняя ось маркирована перекрывающимися доменами экспрессии различных Wnt-лигандов, тогда как вторичная (т.н. директивная) ось специфицируется за счет экспрессии генов BMP. Это

свидетельствует в пользу гипотезы, согласно которой общий предок губок, книдарий и билатерий имел радиально симметричное тело, паттерн которого был детерминирован за счет Wnt- и TGF-beta-сигналингов, а билатеральная симметрия возникла позже, у общего предка Cnidaria и Bilateria.

Ранее нами было показано, что ряд генов *wnt* экспрессируется вдоль апико-базальной оси взрослой демоспонгии *Halisarca dujardini*, а у личинки наблюдается картина, сходная с книдариями: в задней половине тела имеется несколько разной ширины клеточных доменов, в которых экспрессируются отдельные лиганды. У этой многооскулумной губки слабо выраженная морфологически апико-базальная ось имеет отчетливую детерминацию за счет экспрессии *wnt*. Относительно TGF-сигналинга известно, что у *Amphimedon* лиганды TGF-beta экспрессируются в ходе спецификации осей в развитии, и, возможно, при поддержании этих осей во взрослом состоянии животного. В аннотированном транскриптоме *H. dujardini* нами было идентифицировано и клонировано 8 лигандов TGF-beta. Результаты филогенетического анализа, проводимого с учетом последовательностей губок *Sycon ciliatum* (Calcarea), *Oscarella* sp. (Homoscleromorpha) и *Amphimedon queenslandica* (Demospongiae), говорят о том, что экспансия лигандов происходила в разных классах губок независимо. Последующее исследование экспрессии в онтогенезе лигандов TGF-beta, а также функциональный анализ данного сигнального пути является важной частью исследований, которые пояснят эволюцию механизмов спецификации осей и дадут представления о предпосылках к возникновению дорсо-вентральной оси у Bilateria.

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

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОБИОМА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ГРУППЕ КРИПТИЧЕСКИХ ВИДОВ ЛИТОРАЛЬНЫХ БРЮХОНОГИХ МОЛЛЮСКОВ РОДА *LITTORINA*

Гафарова Е. Р.<sup>1</sup>, Мальцева А. Л.<sup>1</sup>,  
Михайлова Н. А.<sup>2</sup>, Гранович А. И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет,  
кафедра зоологии беспозвоночных

<sup>2</sup> Центр клеточных технологий, Институт цитологии РАН

## COMPARATIVE ANALYSIS OF GUT MICROBITA IN SNAILS OF CRYPTIC SPECIES OF THE GENUS *LITTORINA*

Gafarova E. <sup>1</sup>, Maltseva A. <sup>1</sup>,  
Mikhailova N. <sup>2</sup>, Granovich A. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University,  
Department of Invertebrate Zoology

<sup>2</sup> Institute of Cytology RAS, Center of Cell Technologies

Симбиотические микроорганизмы (микробиом) — неотъемлемая составляющая экологической ниши (и, следовательно, физиологии) животных. Наиболее детально в этом отношении изучены млекопитающие и насекомые, у которых состав кишечных симбиотических сообществ влияет на многие аспекты нормального функционирования организма. Микробиота кишечника млекопитающих формируется в раннем постнатальном развитии и остается относительно стабильной в течение жизни. При бактериальной колонизации изменяется структура тканей кишечника, состав микрофлоры также регулирует иммуногенез. У насекомых (например, *Drosophila melanogaster*) состав кишечных сообществ может изменяться в зависимости от стадии онтогенеза, диеты и местообитания. И у насекомых, и у млекопитающих присутствие нормальной микробиоты необходимо для осуществления пищеварения, влияет на развитие и функционирование не только органов ЖКТ, но также половой и иммунной систем. Значимость микробиты для физиологии представителей других типов беспозвоночных, например моллюсков, до сих пор малоизучена. Литоральные гастроподы широко распространенного рода *Littorina* за последние 30 лет стали модельным объектом для экологических, эволюционных, физиологических, паразитологических исследований. На побережьях морей Северной Атлантики встречаются представители 6 видов данного рода, в том

числе филогенетически близкие виды подрода *Neritrema* (*L. saxatilis*, *L. arcana*, *L. compressa*, *L. obtusata*, *L. fabalis*). Нами было выдвинуто предположение, что качественный состав сообществ кишечных микроорганизмов может отражать экологические различия филогенетически близких видов данного рода. Исследование предполагает анализ влияния на микробиом этих моллюсков таких факторов, как вид хозяина, географический регион, сезон, уровень литорали в точке сбора материала, пол, возраст, наличие паразитарной инвазии. Для первичного анализа были приготовлены спиртовые фиксации заднего и переднего отделов кишечника самцов и самок *L. obtusata*, собранных в октябре 2016 г. вблизи ББС Картеш, г. Чупа, Кандалакшский залив, Белое море. С использованием консервативных праймеров к V3-региону гена 16S рРНК были получены ампликоны, секвенированные по Сэнгеру индивидуально после процедуры молекулярного клонирования. Полученные последовательности трансформированных плазмид были проанализированы по алгоритму MOLE-BLAST по базе данных <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/> для установления таксономического положения бактерий. На настоящий момент установлено систематическое положение для 7 штаммов бактерий. Это представители родов: *Ensifer* (азотофиксаторы), *Hafnia* (энтеробактерии-комменсалы человека), *Sphingomonas* (разнообразные наземные и водные аэробы) и *Methylobacterium* (водные и почвенные организмы, часто вовлеченные в симбиотические отношения). В дальнейшем исследования будут включать в себя накопление метагеномных данных, анализ связей между факторами внешней среды и составом микробных сообществ, поиск микробиотических различий среди криптических видов рода *Littorina*.

*Исследование выполняется на базе РЦ СПбГУ «Развитие молекулярных и клеточных технологий» и «Обсерватория экологической безопасности» при поддержке гранта РФФИ 18-54-20001 Норв\_т.*

## **ИНТЕНСИВНОСТЬ ПИТАНИЯ ИКРОЙ СВОЕГО ВИДА У ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ (*GASTEROSTEUS ACULEATUS* L.) КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ**

*Головин П. В., Иванова Т. С.,  
Иванов М. В., Лайус Д. Л.*

СПбГУ, кафедра Ихтиологии и Гидробиологии

## **CANNIBALISTIC FEEDING ON EGGS IN THE THREESPINE STICKLEBACK (*GASTEROSTEUS ACULEATUS* L.) IN THE KANDALAKSHA BAY OF THE WHITE SEA**

*Golovin P. V., Ivanova T. S.,  
Ivanov M. V., Lajus D. L.*

Saint Petersburg State University,  
Department of Ichthyology and Hydrobiology

Продолжительность нереста трехиглой колюшки на Белом море сильно ограничена низкими температурами водоема, а её зимовка проходит в отдалении от берега подо льдом, закрывающим море на протяжении 5–6 месяцев. Можно предположить, что повышение температуры в Арктике за последние десятилетия способствовало повышению численности популяции беломорской колюшки (Лайус и др., 2013), которая составляет около 1 млрд. особей (Ivanova et al., 2016). Рост плотности популяции в природе может приводить к её регуляции как со стороны внешних по отношению к ней факторов, таких как паразиты и хищники (Gause, 1934; May, Anderson, 1978), так и со стороны внутренних факторов, таких, как каннибализм (Smith, Reay, 1991). Питание потомством своего вида у рыб считается широко распространенным явлением эволюционного значения (Ricker, 1954). Каннибализм был неоднократно описан и у колюшки (Wootton, 1971; Rohwer, 1978), однако без количественной оценки его значимость для динамики численности популяции остается неясной.

В 2016–2017 гг. было изучено питание половозрелых колюшек собственной икрой на нерестилищах в губе Сельдяная, лагуне Колюшковая, соединяющейся с проливом Сухая Салма, и в самом проливе Сухая Салма. У рыб измеряли длину и общую массу тела, массу тела без внутренностей, регистрировали плодовитость и количество съеденной икры. Экспериментально была оценена скорость переваривания икринок.

Икра в желудках самок встречалась достоверно чаще (69 % особей) и в больших количествах (в среднем 10,7 икринок/особь), чем в желудках самцов (48 % особей, в среднем 6,6 икринок/особь). Повышенный каннибализм самок может объясняться отсутствием у них программы заботы о потомстве, которая частично ограничивает самцов. Упитанность рыб обоего пола снизилась к концу нереста, что может свидетельствовать о значительных энергозатратах. У самок наблюдалась положительная связь размеров с количеством съеденной икры. Скорее всего, икра воспринимается самками как высококалорийная пища, подходящая для зрительно-тактильной стратегии выбора (Hart, Gill, 1991). У самцов, помимо восполнения энергозатрат, возможной причиной каннибализма может являться чистка гнезда от погибшей икры. Интенсивность каннибализма не зависела от времени и места. При почти десятикратном снижении плотности производителей по окончанию нереста среднее количество съедаемой икры не изменилось, что, возможно, связано с изменением в доступности других кормовых объектов. По нашим оценкам, для изолированной лагуны Колюшковая, при численности 420 тыс. экз. на пике нереста и преобладании самок (соотношение полов 2:1), за весь репродуктивный сезон производители могли отложить около 51 млн. икринок, из которых 86 % было ими съедено. При этом самки съели 70 % икры, а самцы — 16 %.

Столь высокий уровень каннибализма может говорить о его большой роли в популяционной динамике трехиглой колюшки в Белом море в период высокой численности.

*Исследование выполнено с использованием ресурсов Учебно-научной базы «Беломорская» Санкт-Петербургского государственного университета.*

## ОСОБЕННОСТИ ЛИНЕЙНОГО РОСТА *ARCTICA ISLANDICA* L. В БЕЛОМ МОРЕ

Григорьева А. С., Максимович Н. В., Герасимова А. В.

СПбГУ, кафедра ихтиологии и гидробиологии

## LINEAR GROWTH FEATURES OF *ARCTICA ISLANDICA* L. IN THE WHITE SEA

Grigoryeva A. S., Maximovich N. V., Gerasimova A. V.

Saint Petersburg State University,

Department of Ichthyology and Hydrobiology

В последние десятилетия двустворчатые моллюски *Arctica islandica* приобрели известность благодаря принадлежащим им двум рекордам: максимальной продолжительности жизни среди неколо-ниальных животных и самой медленной скорости роста взрослых организмов. Однако изучение характера роста арктик в значительной степени осложнено трудностями в определении возраста этих животных. Оценка возраста *Arctica islandica* по внешней морфологии раковины, как правило, не давала надежных результатов: после десятой линии остановки роста становились столь частыми, что их границы невозможно различить, и только у молодых арктик (обычно младше 10 лет) ростовые метки относительно четко выделялись на раковинах. В конце двадцатого века удалось достичь заметного прогресса в оценке продолжительности жизни арктик в разных частях ареала. Весьма перспективной стала методика определения возраста по меткам во внутренних слоях раковины (по спилам раковины). В Белом море изучение максимальной продолжительности жизни и скорости линейного роста *Arctica islandica* с помощью указанной методики осуществлено сравнительно недавно (Begum et al., 2010). Однако материалы исследователей практически не содержат информацию о характере роста арктик на ранних этапах онтогенеза — в первые 10 лет жизни.

Уже более 30 лет (1984–2017 гг.) студенты и сотрудники кафедры ихтиологии и гидробиологии проводят наблюдения за динамикой структуры поселения *Arctica islandica* на участке бентали у острова Матренин (Кандалакшский залив Белого моря) на глубинах 5–15 м. Накоплен огромный материал по характеру роста арктик в первые 8–9 лет жизни на основании анализа внешней морфологии рако-

вины (измерено более 800 особей). Мы сопоставили эту информацию с результатами оценки возраста моллюсков размерами 30 мм и более по меткам во внутренних слоях раковины. Створки раковин были распилены от вершины к наиболее удаленному краю, спилы отшлифованы и отполированы. Под биноклем подсчитывали количество меток роста, как правило, на спилах подмакушечных зубов замка.

Оказалось, что результаты анализа характера роста беломорских арктик по внешней и внутренней морфологии раковины неплохо дополняют друг друга, что позволило построить онтогенетическую модель роста *Arctica islandica* для изученного местообитания (использована модель Берталанфи). По сравнению с другими районами распространения беломорские представители вида отличались наименьшими максимальными размерами и продолжительностью жизни — около 50 мм и около 40 лет соответственно. Последнее могло быть обусловлено соленостным режимом водоема (негативное воздействие пониженной солености). Характеристики группового роста моллюсков в начале жизненного цикла (первые 4–5 лет) были сравнимы с аналогичными показателями в других акваториях, однако период относительно быстрого роста у беломорских арктик заканчивался на 10–15 лет раньше. Среднегодовой прирост у особей размерами более 30 мм, по-видимому, менее 1 мм.

*Исследование выполнено с использованием ресурсов Учебно-научной базы «Беломорская» Санкт-Петербургского государственного университета.*



## НОВЫЕ ДАННЫЕ О ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ КОКЦИДИИ *ALVEOCYSTIS INTESTINALIS* (BELTENEV, 1980), ПАЗАРИТА ПРИАПУЛИД

Денисова С. А.

СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

## NEW DATA ON THE LIFE CYCLE OF THE COCCIDIUM *ALVEOCYSTIS INTESTINALIS* (BELTENEV, 1980), PARASITE OF PRIAPULIDS

Denisova S. A.

Saint Petersburg State University,  
Department of Invertebrate Zoology

Количество агамных генераций в жизненных циклах кокцидий отр. Eimeriida (Сох, 1991) видоспецифично, а несколько раундов мерогонии в пределах одного жизненного цикла (например, у *Eimeria tenella*, *E. stiedai*, *Isospora felis*, *Toxoplasma gondii* (Бейер и др., 1978)) могут обуславливать морфологические различия у формирующихся мерозоитов и степень зрелости этих клеток для перехода к гаметогенезу. Процессы бесполого размножения кокцидий, паразитирующих в беспозвоночных животных, до сих пор слабо изучены. Однако именно их жизненные циклы характеризуются наиболее анцестральными признаками (Хейсин, 1956; Гинецинская, Добровольский, 1978).

Объект исследования — кокцидия *Alveocystis intestinalis* (Beltenev, 1980), паразитирующая в энтероцитах приапюлид *Priapululus caudatus* (Lamarck, 1816) и *Halicryptus spinulosus* (von Siebold, 1849). Жизненный цикл этого паразита включает мерогонию, гамогонию и спорогонию (Бельтенеv, 1983). Однако остается неясным, сколько агамных генераций существует в жизненном цикле этой кокцидии и разнокачественны ли процессы мерогонии.

Бельтенеv (Бельтенеv, 1983) обнаружил морфологическое разнообразие мерозоитов *A. intestinalis* и выделил несколько их типов:

- 1) мелкие полиморфные мерозоиты ( $5 \times 1,5$  мкм);
- 2) узкие мерозоиты ( $7 \times 2$  мкм), сидящие на остаточном теле;
- 3) более короткие и широкие мерозоиты ( $6 \times 2$  мкм), в цитоплазме которых обнаруживаются гранулы амилопектина.

Это позволило ему судить о наличии нескольких бесполой поколений и предположить существование половой дифференцирован-

ки зоитов на микромерозоитов (2 тип) и макромерозоитов (3 тип) (Бельтнев, 1983). Таким образом, в жизненном цикле *A. intestinalis* возможно как минимум 3 разнокачественных этапа бесполого размножения.

Материал для данного исследования был собран в июле 2016 года на УНБ «Беломорская» СПбГУ в губе Чупа Кандалакшского залива Белого моря. Зараженные ткани фиксировали в 2,5 % растворе глутарового альдегида с постфиксацией в 2 % растворе тетраоксида осмия для получения гистологических и ультратонких срезов.

Беспорядочно лежащие в паразитофорной вакуоли мерозоиты, по-видимому, формируются путем **эктомерогонии**. Такие мерозоиты в пределах одной паразитофорной вакуоли имеют различающиеся морфобиологические параметры (Денисова, 2017). Вероятно, этот процесс предшествует образованию полиморфных мерозоитов 1 типа.

Кроме указанного типа мерогонии, у *A. intestinalis* осуществляется процесс **эндодиогонии** (Денисова, 2017). При этом дочерние мерозоиты имеют большой запас амилопектиновых гранул, чем узкие мерозоиты других генераций. Предположительно, именно эти клетки впоследствии трансформируются в макрогамонты и являются макромерозоитами.

Таким образом, смена способов мерогонии имеет место в различных поколениях мерозоитов *A. intestinalis* и, вместе с половой дифференцировкой, является причиной их морфологического разнообразия.

*Работа выполнена при поддержке СПбГУ (проект № 1.42.1099.2016) на базе ресурсного центра СПбГУ «Развитие молекулярных и клеточных технологий», а также с использованием ресурсов Учебно-научной базы «Беломорская» СПбГУ. Автор выражает благодарность коллективу кафедры зоологии беспозвоночных СПбГУ и лично Гите Георгиевне Паскеровой, Андрею Александровичу Добровольскому и Сергею Владимировичу Щенкову.*

# ИЗМЕНЧИВОСТЬ УЧАСТКА БАРКОДИНГОВОГО ЛОКУСА ЦИТОХРОМОКСИДАЗЫ I У КОПЕПОД РОДА *PSEUDOCALANUS* СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ

Джелали П. А., Гагарина А. В., Сказина М. А.,  
Полякова Н. В., Стрелков П. П.

СПбГУ, кафедра ихтиологии и гидробиологии

## VARIATION OF A PARTIAL CYTOCHROME OXIDASE I LOCUS IN *PSEUDOCALANUS* COPEPODS IN NORTHERN SEAS

Dzhelali P., Gagarina A., Skazina M.,  
Polyakova N., Strelkov P.

Saint Petersburg State University,  
Department Ichthyology & Hydrobiology

Каланоидные рачки рода *Pseudocalanus* являются массовыми представителями мезозoopлankтона северных морей. В Белом море отмечены *P. acuspes* и *P. minutus* (Мархасева, 2012), в российском секторе Баренцева моря — *P. elongatus*, *P. major*, *P. acuspes* и *P. minutus* (Dvoretzky, 2011), а в сопредельных водах Норвегии — *P. acuspes*, *P. moultoni*, *P. elongates* и *P. minutus* (Aarbakke et al. 2016). По данным норвежских исследователей, указанные виды отличаются по своим экологическим предпочтениям. *P. acuspes* — прибрежный вид, приуроченный к холодным водам и водам с пониженной соленостью. *P. moultoni*, *P. minutus* и *P. elongatus* — океанические виды, из которых *P. elongatus* приурочен к теплым течениям, а два остальных являются эврибионтными (Aarbakke et al. 2016).

Морфологическое определение видов рода *Pseudocalanus* трудно, поэтому в рутинных гидробиологических исследованиях, как правило, этого не делают. В последние годы для определения видов все чаще привлекают генетический метод, основанный на выявлении различий в *баркодинговом* участке локуса *цитохромоксидазы I*.

Проводя генетическое исследование гидробионтов морского оз. Могильного (о. Кильдин, Баренцево море), для чего нам требовались сравнительные данные по сопредельным районам Баренцева моря, мы обратили внимания на дефицит генетических данных по зоопланктону Баренцева моря. В частности, в Генбанке *ncbi* нет ни одной нуклеотидной последовательности представителей рода *Pseudocalanus* из российских Баренцева и Белого морей. Поэтому

мы решили проанализировать нуклеотидную изменчивость *баркодингового* участка локуса *цитохромоксидазы I* у рачков из Баренцева и Белого морей с использованием стандартных методов, определить их видовой состав и сравнить структуру изменчивости в наших популяциях с изменчивостью в других морях по данным *ncbi*. Здесь мы представляем предварительные результаты работы.

В сборах из оз. Могильного мы нашли *P. acuspes*, из Дальних Зеленцов и Кольского залива Баренцева моря — *P. acuspes* и *P. moultoni*, а из беломорской губы Чупа — *P. acuspes* и *P. minutus*. Достаточные для географического сравнения данные получены по баренцевоморским *P. acuspes* и *P. moultoni*. По наборам и частотам гаплотипов баренцевоморские представители *P. moultoni* похожи на популяции норвежских морей и восточной Атлантики. У *P. acuspes* найдены гаплогруппы (родственные группы гаплотипов), уникальные для популяций восточной Атлантики, с одной стороны, и Тихого океана и притихоокеанских арктических морей, с другой. Из-за этого уровень изменчивости в Баренцевом море очень высок.

*Авторы благодарят РЦ РМКТ Научного парка СПбГУ и А. Э. Машарского за секвенирование наших образцов.*

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗЛИЧИЯ ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ НЕРЕСТА

*Доргам А. С., Головин П. В., Иванова Т. С.,  
Иванов М. В., Лайус Д. Л.*

СПбГУ, кафедра ихтиологии и гидробиологии

## MORPHOLOGICAL VARIATION OF THREESPINE STICKLEBACK ON DIFFERENT STAGES OF SPAWNING

*Dorgham A. S., Golovin P. V., Ivanova T. S.,  
Ivanov M. V., Lajus D. L.*

Saint Petersburg State University,  
Ichthyology and Hydrobiology Department

Трёхиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus* в настоящее время является самой многочисленной рыбой Белого моря и в массе подходит к берегам в начале лета для нереста. Процессы, происходящие в нерестовый период, оказывают значительное влияние на популяционную динамику, но информации о них для трёхиглой колюшки немного. Цель этого исследования — описание временных изменений морфологических характеристик колюшки в период нереста в разных участках акватории.

Для целей настоящего исследования, в районе Учебно-научной базы СПбГУ «Беломорская» в 2016 г было поймано 270 рыб. Пробы собирали в начале (27–29 мая), середине (14–16 июня) и в конце (5–6 июля) нереста на трех станциях: в губе Сельдяная, в проливе Сухая Салма и в соединяющейся с ним лагуне Колюшковая. Всего было собрано девять проб, каждая из которых состояла из 15 самцов и 15 самок. Пробы хранили при –18 °С. После разморозки рыб отсканировали с разрешением 1200 dpi и, с помощью программы ImageJ, для каждой особи измерили 9 морфометрических признаков: общая длина тела, стандартная длина тела, длина головы, толщина хвоста, высота тела, толщина тела, толщина головы, размер рта и расстояние между рылом и брюшными плавниками.

Анализ Главных Компонент (Principal Component Analysis, PCA) позволил выделить шесть Главных Компонент (PC), которые в общей сложности объясняли 97 % общей дисперсии, а каждая из которых — по крайней мере 2 % общей дисперсии. PC1 была интерпретирована как общий размер, поскольку объясняла 58 % общей

дисперсии и имела высокие ( $> 0,7$ ) положительные нагрузки на большинство признаков. Многофакторный ANOVA, включающий три фактора («Местоположение», «Стадия Нереста» и «Пол»), показал достоверный эффект фактора «Пол» на PC1, что отражает более крупные размеры самок по сравнению с самцами. PC2, объясняющая 13 % общей дисперсии, показала высокую (0,7) нагрузку на признак «Размер Рта». Эта компонента достоверно зависела от факторов «Местоположение» и «Пол». PC3, объясняющая 12 % общей дисперсии и имеющая высокую нагрузку на признак «Толщина хвоста», согласно результатам ANOVA, достоверно зависела от факторов «Местоположение» и «Стадия Нереста». Каждая из оставшихся PC (PC4–PC6), описывающих от 2 до 7 % общей дисперсии и не демонстрирующих высоких нагрузок на признаки, достоверно зависела, по крайней мере, от двух факторов.

Таким образом, в исследовании были выявлены некоторые закономерности морфологической изменчивости колюшки в нерестовый период, а также выявлена связь морфологических признаков с полом, стадией нереста и местоположением нерестилища. Однако для дальнейшей интерпретации результатов исследования требуется более глубокий анализ и привлечение дополнительной информации.

*Исследование выполнено с использованием ресурсов Учебно-научной базы «Беломорская» Санкт-Петербургского государственного университета.*

## АНАЛИЗ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЦЕССА СТРОБИЛЯЦИИ У СЦИФОМЕДУЗЫ *AURELIA AURITA* (CNIDARIA: SCYPHOZOA)

Зайнуллина Б. Р., Зорина Н. А.,  
Согомонян К. С., Хабибулина В. Р.

СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

## ANALYSIS OF MOLECULAR PROPERTIES OF THE STROBILATION PROCESS IN *AURELIA AURITA* (CNIDARIA: SCYPHOZOA)

Zainullina Z., Zorina N.,  
Sogomonyan K., Khabibulina V.

Saint Petersburg State University,  
Department of Invertebrate Zoology

Кишечнополостные представляют собой одну из базальных групп многоклеточных организмов и являются сестринским таксоном по отношению к Bilateria. При этом основные молекулярные каскады, регулирующие морфогенетические процессы, в этих двух группах сходны. Сравнительное исследование этих молекулярных каскадов необходимо для понимания ранних этапов эволюции многоклеточных животных. Среди кишечнополостных в этом отношении наиболее изучены представители групп Hydrozoa (*Hydra vulgaris*, *Clytia hemisphaerica*) и Anthozoa (*Nematostella vectensis*). В то же время данные по такому крупному таксону как Scyphozoa практически отсутствуют. Поэтому целью данной работы стало исследование основных молекулярных каскадов развития одного из представителей этой группы — сцифоидной медузы *Aurelia aurita*.

Жизненный цикл *Aurelia aurita* представляет собой метагенез. Одиночный полип — сцифистома — образует свободноплавающих эфир с помощью особого типа бесполого размножения, называемого стробилиацией. В свою очередь, вырастая, эфиры превращаются в медуз, которые размножаются половым путем, продуцируя личинок — планул. Планулы после оседания на дно дают начало новым полипам. Сцифистомы *Aurelia aurita* хорошо культивируются, а процесс стробилиации легко индуцировать искусственно в условиях лаборатории. Поэтому данный вид является удобным объектом для исследования молекулярных особенностей перехода от полипидной к медузоидной стадии.

Для работы нами были выбраны следующие группы регуляторных генов: Нох-гены, Wnt-каскада, инсулинового каскада, а также гены, участвующих в развитии фоторецепторов. Поиск целевых генов осуществлялся с помощью баз данных NCBI и CompaGen (*Aurelia project* <http://www.compagen.org/aurelia/>). В ходе анализа нами было обнаружено 15 гомологов генов, связанных с Wnt-каскадом, 12 Нох-подобных генов, 4 гена инсулинового каскада и 6 генов, регулирующих развитие органов фоторецепции. К полученным последовательностям были подобраны праймеры, и с помощью ПЦР было подтверждено наличие экспрессии генов на стадиях полипа, стробилы и эфиры. Кроме того, было показано, что уровень экспрессии каждого из этих регуляторных генов изменяется на различных стадиях жизненного цикла.

Полученные нами данные согласуются с исследованиями, проведенными на представителях других классов кишечнополостных. Представленные результаты дают основу для более подробного изучения генетических каскадов и возможность визуализировать паттерны экспрессии этих генов с помощью РНК гибридизации *in situ* последовательно на разных стадиях жизненного цикла.

*Работа выполнена с использованием оборудования РЦ СПбГУ «Культивирование микроорганизмов».*



## ОЦЕНКА ЗАРАЖЁННОСТИ ТРЕМАТОДАМИ ГИДРОБИЙ ДВУХ ВИДОВ (HYDROBIIDAE: GASTROPODA) В ВЕРШИНЕ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

Зенков Е. А.<sup>1</sup>, Шевкопляс А. Е.<sup>1</sup>, Аристов Д. А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии) СПбГДТУ

<sup>2</sup> Зоологический институт РАН

## TREMATODE INVASION OF TWO HYDROBIID (HYDROBIIDAE: GASTROPODA) SPECIES AT THE TIP OF KANDALAKSHA BAY, THE WHITE SEA

Zenkov E.<sup>1</sup>, Shevkoplyas A.<sup>1</sup>, Aristov D.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratory of marine benthic ecology and hydrobiology

<sup>2</sup> Zoological Institute, RAS

Представители класса Trematoda — широко распространённые паразиты животных, реализующие свой жизненный цикл, как правило, со сменой 2–3 хозяев. Половозрелые стадии трематод паразитируют в позвоночных, в беспозвоночных представлены партеногенетические стадии жизненного цикла этих червей, а также личинки — церкарии. Заражённость первых промежуточных хозяев — брюхоногих моллюсков — является отражением общей представленности трематод (Галактионов, Добровольский, 1998). В Белом море встречается два вида гидробий (Hydrobiidae: Gastropoda): *Ecrobia ventrosa* и *Peringia ulvae*. Они являются промежуточным хозяином для одних и тех же видов трематод. Нашей целью стало описание зараженности трематодами гидробий в вершине Кандалакшского залива. Подобного систематического обследования этого региона до сих пор не проводилось. Данная территория, частично входящая в состав Кандалакшского государственного заповедника, служит местом скопления морских птиц (Корякин, 2012), что может повышать уровень зараженности улиток трематодами, так как гидробии заражаются, поедая птичьи фекалии с яйцами паразитов (Горбушин, 1995).

В ходе двух экспедиций (2016–2017 гг.) было обследовано пять локаций: акватории у г. Кандалакша, дер. Лувеньга, островов Лодейный и Ряжков и губа Колвица. В каждой локации отбирали от 4 до 14 проб. Всего было протестировано на заражённость 859 особей *E. ventrosa* и 3008 — *P. ulvae*. Для оценки заражённости было исполь-

зовано два метода: метод индуцированных эмиссий (далее — ИЭ), в ходе которых церкарии выходят из улиток под воздействием света и тепла (Прокофьев, 1995), и вскрытие улиток.

Всего нами было найдено 126 (34.8 %) заражённых особей *P. ulvae* и 35 (42.1 %) — *E. ventrosa*. Общая экстенсивность инвазии у двух видов улиток достоверно не различается ( $p > 0.05$ ). В каждой заражённой гидробии было обнаружено не более одного вида трематод. Обнаруженные церкарии и партениты трематод относились к семействам Microphallidae, Echinostomatidae (*Himasthla* sp.), Notocotylidae, Heterophyidae (*Cryptocotyle concava*) и Hemiuridae (*Bunocotyle progenetica*). Мы не обнаружили корреляции между экстенсивностью инвазии разными видами трематод в одной пробе. Общая заражённость двух видов гидробий отличается недостоверно. При этом в ходе ИЭ у *E. ventrosa* церкарии выходят из достоверно меньшего количества улиток, чем у *P. ulvae* ( $p < 0.05$ ).

Паразитарный комплекс (качественный состав трематод в популяции улиток и экстенсивность инвазии) не различается у двух видов гидробий, но достоверно варьирует в разных локациях. В Колвице и на побережье залива возле Лувеньги нами было найдено два таксона трематод, в других же местах — не менее четырёх. При этом общая экстенсивность заражения не зависит от места взятия пробы ( $p < 0.05$ ), а различия экстенсивности инвазии в пределах одной локации превышают различия между пробами из разных локаций. Эти факты можно объяснить особенностями распределения окончательных хозяев на данной территории.

## ГЕНОМ БЕЛОМОРСКОЙ НЕРЕИДНОЙ ПОЛИХЕТЫ *ALITTA VIRENS*: ПЕРВЫЙ ШАГ НА БОЛЬШОМ ПУТИ

Зорина Н. А.<sup>1</sup>, Кулакова М. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

<sup>2</sup> СПбГУ, кафедра эмбриологии

## FIRST STEP TOWARDS A WHOLE-GENOME ASSEMBLY OF THE WHITE SEA NEREID POLYCHAETE *ALITTA VIRENS*

Zorina N.<sup>1</sup>, Kulakova M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology

<sup>2</sup> Saint Petersburg State University, Department of Embryology

В данной работе положено начало большому исследованию, конечной целью которого является сборка и аннотирование генома nereидной полихеты *Alitta virens*.

Сборка генома — сложная задача, которая требует тщательного предварительного анализа качества библиотеки, состоящей из коротких прочтений, полученных при помощи технологии NGS (Next Generation Sequencing).

В этом исследовании была использована библиотека парноконцевых ридов, полученных на платформе Illumina HiSeq 2500. Оценка качества проводилась с помощью программы FastQC. Для построения графика распределения  $k$ -меров была использована программа Jellyfish, а для фильтрации библиотеки и очистки от адаптерных последовательностей — программы Cookiecutter и Trimmomatic. Оценка потенциала библиотеки для полногеномной сборки проводилась при помощи ассемблера SOAPdenovo и программы Quast. После этого было произведено выравнивание ридов с помощью программы Bowtie и построена гистограмма распределения частот встречаемости вставок разной длины. Оценка потенциала библиотеки для локальной сборки Нох-кластера осуществлялась с помощью программы Geneious.

В результате было установлено, что данная библиотека не может быть использована для полногеномной сборки ( $N50 = 2833$ ) без дополнительных библиотек с большей длиной вставки и большей длиной прочтений, но может быть использована для локальной сборки отдельных локусов интереса, в частности Нох-кластера.

## АКТИНИИ ИНФРАОТРЯДА ATHENARIA ХОЛОДНЫХ И УМЕРЕННЫХ ВОД АТЛАНТИКИ И СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

*Иванова Н. Ю.*

Зоологический институт РАН,  
Лаборатория морских исследований,  
Отделение губок и кишечнополостных

## SEA ANEMONES OF THE INFRAORDER ATHENARIA FROM COLD AND TEMPERATE WATERS OF THE ATLANTIC AND THE ARCTIC OCEAN

*Ivanova N.*

Zoological Institute RAS,  
Laboratory of marine research,  
Department of sponges and coelenterates

Мелкие червеобразные актинии инфраотряда *Athenaria* представляют собой очень необычную и интересную, но в то же время слабо изученную группу морского бентоса. Их изучение началось еще в XVIII веке, когда один из видов этой группы, *Acthelmis intestinalis*, был описан Фабрициусом, который в 1768–1773 гг. осуществлял миссионерскую деятельность в Гренландии. Следующим важным шагом в изучении северной фауны *Athenaria* была работа Даниельссена (Danielssen, 1890), опубликованная по результатам обработки материалов Норвежской Северо-Атлантической экспедиции 1876–1878 гг. (The Norwegian North Atlantic Expedition). В ней упомянуто уже восемь видов атенарных актиний. Наиболее значительный вклад в изучение этой группы внесла, пожалуй, фундаментальная монография Карлгрена (основоположника современной классификации бесскелетных коралловых полипов), посвященная актиниям, собранным в ходе Датской арктической экспедиции 1895–1896 гг. (The Danish Ingolf-Expedition). Со времен Фабрициуса и по настоящее время опубликовано около 68 работ, касающихся вопросов систематики атенарных актиний этого региона. В результате обработки накопившегося литературного материала и ознакомления с коллекцией Зоологического института РАН нами составлен предварительный список видов этой группы, обитающих в холодных и умеренных водах (к северу от мыса Гаттерас на Атлантическом побережье Америки и к северу от Гибралтара в Европе). Он включает

57 видов, относящихся к 22 родам восьми семейств: Andvakiidae, Edwardsiidae, Halcampidae, Halcampoididae, Haliactinidae, Haloclavidae, Limnactiniidae и Octineonidae.

Как и многие представители Cnidaria и других низших беспозвоночных, актинии обладают очень широкими ареалами, и это обстоятельство не раз заставляло задуматься о несовершенстве классификации этих животных. Так, в нашей северной фауне представлены четыре вида с условно космополитическим распространением, относящиеся к родам *Halcampoides* и *Anemonactis*. Особое внимание привлекают к себе представители рода *Halcampoides* — *H. abyssorum* и *H. purpureus*. Их анатомические признаки, включенные в диагноз рода, соответствуют определенной стадии развития (стадия халькампулы), которую проходят в своем онтогенезе большинство актиний. Поэтому можно полагать, что многие находки *Halcampoides*, относимые систематиками к этому роду, представляют собой молодых полипов других родов актиний, и описываемое в настоящее время космополитическое распространение видов этого рода не соответствует действительности.

## ТЕРМИКА ВОД ГУБЫ ЧУПА И ПРИЛЕГАЮЩИХ АКВАТОРИЙ

*Игнатьева Е. С.*

СПбГУ, кафедра океанологии

## HEAT OF WATERS OF CHUPA BAY AND ADJACENT WATERS

*Ignatjeva E. S.*

Saint Petersburg State University,

Department of Oceanology

Выявление особенностей температурного режима вод — одна из базовых задач океанологических исследований в любой акватории. Для изучения пространственного распределения температур в поверхностном слое воды в губе Чупа и прилегающих акваториях в течение ряда лет проводили регулярные измерения этого параметра на суточных станциях и разрезах. В данной работе были использованы данные за 2013, 2015 и 2017 гг. (летний период).

В каждом из анализируемых периодов прослеживаются определённые закономерности. Одна из них — достаточно чёткое разграничение слоёв воды: поверхностного тёплого перемешанного, переходного слоя с высокими температурными градиентами и придонного холодного слоя. Было высказано предположение, что в приустьевых областях вертикальный градиент температуры имеет больший размах, а в более крупных заливах — меньший, с не столь отчетливо выраженными границами между слоями.

В 2013 году, в конце июля — начале августе, вблизи мыса Картеш с интервалом в неделю были проведены две суточные станции с целью изучения временного изменения температуры. Оба цикла измерений подтвердили наличие летней устойчивой стратификации, причём важную роль в этом процессе играет именно распределение температуры воды. Температура поверхностного слоя превышала 16 °С. Необходимо отметить, что 24.07–25.07 прогретый слой простирался до глубины 15 м, а 31.07–1.08 (спустя неделю) — лишь до 5 м.

В 2015 году, в середине июля, вблизи мыса Картеш также с интервалом в неделю были проведены аналогичные наблюдения, продемонстрировавшие сходную стратификацию вод — так 16.07–17.07 прогретый слой простирался до 15 м, а 23.07–24.07 он заметно сократился (до 5 м). Однако максимальная температура 23.07–24.07 была выше и составила 14 °С, в то время как 16.07–17.07 —

12,5 °С. При этом максимальные значения температуры были зарегистрированы в полную воду.

В 2017 году, в начале июля, было выполнено 3 океанологических разреза, которые предоставили информацию о вертикальном распределении температуры в различных участках акватории губы Чупа. Минимальная температура, составившая около 0,9 °С, наблюдалась в придонном глубинном слое. Максимальная температура превышала 17 °С, таких значений она достигала в поверхностном слое и на мелководье вблизи устья р. Кереть.

## **АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕЛТОГО ВЕЩЕСТВА В АКВАТОРИИ ГУБЫ ЧУПА БЕЛОГО МОРЯ**

*Каштаненко В. И.<sup>1</sup>, Петросян Н. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> СПбГУ, кафедра гидрологии суши

<sup>2</sup> СПбГУ, кафедра океанологии

## **ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF YELLOW MATTER IN THE WATER AREA OF THE CHUPA BAY OF THE WHITE SEA**

*Kashtanenko V. I.<sup>1</sup>, Petrosyan N. V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University, Department of Hydrology

<sup>2</sup> Saint Petersburg State University, Department of Oceanology

На протяжении последних лет студенты кафедры океанологии в рамках летней производственной практики проводят наблюдения за желтым веществом (ЖВ) в районе губы Чупа (УНБ СПбГУ «Беломорская», остров Средний, Кандалакшский залив, Белое море). Роль речного стока в Белом море довольно велика и по различным оценкам достигает 5 %, поэтому можно предположить, что основным источником поступления ЖВ в морскую воду являются реки (Павлов, Смагин, 2013; Пелевин и др., 1979).

Органическое вещество в морской воде входит в состав взвешенных частиц, но большая часть органики находится в растворённом состоянии. Особый интерес представляет та часть растворённой органики, которая носит название желтого вещества, поскольку именно она оказывает существенное влияние на такой параметр как прозрачность воды. Согласно Калле, под ЖВ понимают сложную смесь гумусоподобных соединений, образующихся из углеводов и аминокислот путем реакции Мейера. При этом непосредственно в самой морской воде образуются желтые или коричневые органические соединения, близкие к почвенным гумусам (Пелевин и др., 1979).

Вопросы влияния желтого вещества на биологическую продуктивность водоемов являются наименее изученными разделами отечественной океанологии (Павлов, Смагин, 2013). Таким образом, наши исследования были направлены на выявление закономерностей распределения желтого вещества в акватории губы Чупа в разные фазы водности р. Кереть.

Анализ и обобщение мониторинговых наблюдений, проведённых в устьевой области р. Кереть в летний период 2017 г., позволяют



сделать следующее заключение. Наибольшие значения концентрации ЖВ были отмечены в вершине губы, при впадении р. Кереть; при продвижении к открытой части акватории Белого моря значение этого параметра понижалось. Важной задачей практики являлось определение взвеси, разности показателя ослабления и поглощения. В период малой воды была выявлена неравномерность распределения желтого вещества и взвеси: ближе к речной части концентрация ЖВ увеличивается, к морской — уменьшается, а концентрация взвеси — наоборот.

Студентами и преподавателями впервые был организован выезд в акваторию губы Летней, где наблюдается ярко выраженная неоднородность в распределении желтого вещества и взвеси: при удалении от морской части концентрация ЖВ, а концентрация взвеси — уменьшаются. Наибольшая концентрация взвешенного вещества отмечена на выходе в морскую часть губы Летняя.

Для выявления особенностей распределения желтого вещества по акватории губы Кереть было проведено сравнение концентрации ЖВ в период полной и малой воды. Первая половина лета 2017 выдалась прохладной и дождливой, что привело к увеличению речного стока и, следовательно, равномерному распределению желтого вещества по акватории губы Кереть. Было установлено, что максимальные концентрации желтого вещества отмечены в средней части губы Кереть, минимальные — на выходе р. Кереть к открытой части. Концентрация взвешенных веществ демонстрирует большую пространственную неоднородность. Так, минимальные значения были отмечены на выходе из губы в открытую часть акватории и при впадении р. Кереть в губу, а максимальные — ближе к выходу в пролив Большой Керетский рейд и непосредственно в р. Кереть.

Подводя итог, отметим необходимость изучения влияния ЖВ на водные экосистемы, которое проявляется, с одной стороны, в снижении проникновения света в толщу воды, что может оказывать лимитирующее воздействие на процессы фотосинтеза и отрицательно сказываться на динамике популяций фитопланктона, а с другой — в поглощении ультрафиолетового излучения, что защищает организмы от повреждения ДНК.

## РАЗМНОЖЕНИЕ *FLUSTRELLIDRA HISPIDA* (BRYOZOA, STENOSTOMATA) В БЕЛОМ МОРЕ

Квач А. Ю.<sup>1</sup>, Варфоломеева М. А.<sup>1</sup>, Островский А. Н.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

<sup>2</sup> Университет Вены, Департамент палеонтологии

## REPRODUCTION OF *FLUSTRELLIDRA HISPIDA* (BRYOZOA: STENOSTOMATA) IN THE WHITE SEA

Kvach A. Yu.<sup>1</sup>, Varfolomeeva M. A.<sup>1</sup>, Ostrovsky A. N.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University,  
Department of Invertebrate Zoology

<sup>2</sup> University of Vienna, Department of Palaeontology

В современных морях мшанки (тип Bryozoa) распространены чрезвычайно широко. Вместе с губками и книдариями они являются одним из основных элементов донных биоценозов. Разнообразие репродуктивных паттернов в пределах этого таксона делает их удачной моделью для изучения репродуктивной биологии морских колониальных беспозвоночных в целом. Тем не менее, исследований, посвященных половому размножению и жизненным циклам мшанок, крайне мало. В данной работе мы анализируем динамику изменения состояний зооидов в колониях и частично реконструируем жизненный цикл одного из массовых видов Белого моря, представителя отряда Stenostomata — *Flustrellidra hispida*. Ктеностомные мшанки представляет особый интерес, поскольку их рассматривают в качестве предковой группы для остальных групп морских мшанок (Todd 2000; Островский 2011).

Мы использовали колонии, собранные в летний период в верхней сублиторали около острова Феттах вблизи Беломорской Биологической Станции «Картеш» Зоологического института Российской академии наук (Белое море, Кандалакшский залив, губа Чупа) в 2013, 2015 и 2016 гг.

Собранные колонии были закартированы — для каждой колонии было подсчитано общее число зооидов и количество зооидов, относящихся к разным категориям (почка зооида; питающийся зооид; аутозооид с дегенерирующим полипидом; аутозооид с бурым телом; аутозооид с функционирующим полипидом и бурым телом; аутозооид с функционирующим полипидом, бурым телом и ранним оварием; аутозооид с бурым телом и со зрелым оварием (или эмбри-

онами); аутозооид с полипидом и молодым оварием). Для анализа динамики изменения состояния колоний была использована ординация методом nMDS, которая показала значительную вариабельность размера колоний и соотношения разных категорий зооидов на протяжении всего летнего сезона.

Также мы применили метод обобщенных аддитивных моделей (GAM) для аппроксимации данных о количестве половых зооидов за 2013, 2015, 2016 гг. Анализ показал, что женские зооиды (с ооцитами или эмбрионами) встречаются на протяжении практически всего сезона, за исключением июля и июля. Это позволяет заключить, что *Flustrellidra hispida* может размножаться на протяжении всего летнего сезона, однако выход и оседание личинок приходится на июнь и июль.

В январе 2018 года мы впервые провели кратковременные (в течение одной недели) наблюдения за зимующими подо льдом колониями. В этот период колонии не питаются, так как функционирующие полипиды в колониях отсутствуют.

*Исследование выполняется при поддержке грантов РФФИ (16-04-00243-а) и СПбГУ (1.38.233.2015 и 1.42.739.2017), с использованием ресурсов Учебно-научной базы «Беломорская» СПбГУ.*

## СТРОЕНИЕ ЗАЧАТКА ПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ ЦЕРКАРИЙ ТРЕМАТОД (NEODERMATA: TREMATODA): СУЩЕСТВУЕТ ЛИ ОБЩАЯ ЭВОЛЮЦИОННАЯ ТЕНДЕНЦИЯ К ЕЕ «ПРЕЖДЕВРЕМЕННОМУ РАЗВИТИЮ»?

Кремнев Г. А., Щенков С. В.

СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

## ORGANIZATION OF THE GENITAL SYSTEM PRIMORDIUM OF THE CERCARIAE OF TREMATODES (NEODERMATA: TREMATODA): IS THERE A GENERAL EVOLUTIONARY TREND TO ITS “PRECOCIOUS DEVELOPMENT”?

Kremnev G., Shchenkov S.

Saint Petersburg State University,  
Department of Invertebrate Zoology

Детали организации зачатка половой системы (ЗПС) церкарий практически не изучены. Для ряда групп трематод наши знания о строении ЗПС либо фрагментарны, либо вовсе отсутствуют. При этом изучение морфологии ЗПС необходимо для выявления общих тенденций морфологической эволюции личинок гермафродитного поколения трематод.

Материалом послужили морские, пресноводные и наземные моллюски, зараженные партенитами трематод из разных филогенетических групп: *Leucochloridiomorpha* (*Leucochloridiomorpha* sp.), *Brachylaemidae* (*Brachylaima* sp.), *Lepocreadiidae* (*Lepocreadium* sp.), *Acanthocolpidae* (*Neophasis anarrhichae*) и *Plagiorchioidea incertae sedis* (*Cercaria nigrospora*). Материал был собран в течение весенне-летнего сезона 2014–2017 годов в различных географических точках. По стандартной методике из фиксированных участков зараженного гепатопанкреаса хозяев были изготовлены гистологические срезы, которые были использованы для выявления особенностей организации и выполнения трехмерной реконструкции ЗПС церкарий.

ЗПС личинок *C. nigrospora* обладает специфической формой: он уложен в теле церкарии компактной петлей. Все клетки в его составе небольшого размера, хроматин в их ядре плотно спирализован.

ЗПС церкарий *Leucochloridiomorpha* sp. представлен двумя большими лопастями, состоящими как из клеток небольшого размера (в ядре которых хроматин упакован очень плотно), так и единич-

ных клеток с более крупным, пузырьковидным ядром. Аналогично устроен ЗПС церкарий *Brachylaima* sp. Он состоит из двух крупных лопастей, в одной из которых, наряду с небольшими клетками, обладающими ядром с плотно упакованным хроматином, имеются более крупные клетки со светлым, пузырьковидным нуклеусом.

ЗПС церкарий *N. anarrhichae* состоит из двух сильно дифференцированных лопастей. Топология лопастей в теле личинки свидетельствует об их принадлежности к зачатку женской или мужской половой системы, соответственно. Одна лопасть С-образно изогнута — это зачаток женской половой системы. С его каудальным концом (зачатком яйцевода) соединен зачаток яичника. От зачатка яйцевода отходит направленный на спинную сторону церкарии короткий клеточный тяж — зачаток желточников. Передний конец С-образного зачатка женской половой системы продолжается направленными назад зачатком цирруса и зачатками семявыносящих канальцев, каждый из которых берет свое начало от расположенных в заднем конце тела церкарии зачатков семенников.

Церкарии *Leporeadium* sp. обладают практически полностью дифференцированной половой системой. В её составе имеются: семенники и двулопастной яичник, желточники, формирующиеся мужские и женские половые протоки. Более того, половая система начинает функционировать: об этом свидетельствует вступление в профазу-I мейоза половых клеток мужских и женской гонад.

Полученные результаты позволяют предположить, что «преждевременное развитие» («precocious development») половой системы и интенсивная дифференцировка её зачатка на ранних стадиях онтогенеза церкарий является одной из общих тенденций морфологической эволюции личинок гермафродитного поколения трематод.

*Исследование проведено с использованием оборудования ресурсного центра Научного парка СПбГУ «Развитие молекулярных и клеточных технологий», а также ресурсов Учебно-научной базы «Беломорская» СПбГУ. Авторы выражают свою благодарность к. б. н. Д. Ю. Крупенко и д. б. н. К. В. Галактионову за предоставленный для работы материал.*

## РАЗВИТИЕ ГАМЕТОФИТА *SACCHARINA LATISSIMA* (LINNAEUS) LANE, MAYES, DRUEHL & SAUNDERS И ЕГО УЛЬТРАСТРУКТУРА

Кудрявцева Е. О.

СПбГУ, кафедра ботаники

## DEVELOPMENT OF THE GAMETOPHYTE OF *SACCHARINA LATISSIMA* (LINNAEUS) LANE, MAYES, DRUEHL & SAUNDERS AND ITS ULTRASRUCTURE

Kudryavtseva E. O.

Saint Petersburg State University,  
Department of Botany

Сахарина большая *Saccharina latissima* является одним из основных промысловых видов бурых водорослей северных морей. В то же время сахарина представляет собой один из перспективных объектов марикультуры, в связи с чем большое значение приобретает детальное исследование жизненного цикла этой водоросли, в том числе развитие её гаметофитов и их тонкого строения.

Показано, что состав культуральной среды оказывает значительное влияние на скорость роста, морфологические характеристики, характер и сроки фертилизации гаметофитов *S. latissima*. Так, в зависимости от соотношения концентраций ионов  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{PO}_4^{3-}$  в среде изменяется скорость роста, мужские гаметофиты становятся фертильными раньше женских или наоборот, набор вегетативной массы осуществляется за счёт деления клеток и ветвления нитей, либо за счёт интенсивного роста небольшого числа клеток.

Анализ тонкого строения гаметофитов сахарины показал, что клетки гаметофитов имеют округлую или вытянутую эллиптическую форму, их диаметр колеблется в пределах 3–13 мкм. Хлоропласты лежат пристеночно, на срезах клеток их насчитывается от 1 до 5. Размеры хлоропластов составляют 0,6–7,7 мкм в длину и 0,4–1,5 мкм в ширину. Площадь пластидома достигает 27 %. Хлоропласты клеток гаметофита содержат меньшее количество стопок тилакоидов, чем в ассимилирующих клетках спорофита и в зооспорах. Митохондрии с трубчатыми кристами также расположены пристеночно, их количество варьирует от 4 до 12. Диаметр митохондрий на срезах составляет 0,3–2,4 мкм. В некоторых случаях можно наблюдать контакты между наружными мембранами оболочки близко распо-

ложенных хлоропластов, а также контакты между хлоропластами и митохондриями.

Проведённое нами исследование ультраструктуры клеток гаметофитов *S. latissima* позволяет сделать вывод об интенсивном функционировании энергетического аппарата на данном этапе онтогенеза водоросли. Пристеночная локализация митохондрий, увеличение их числа, а также наличие контактов между митохондриями и хлоропластами свидетельствуют об их высокой энергетической активности. Относительно слабое развитие фотосинтетического аппарата у гаметофитов по сравнению с таковым в клетках на других стадиях жизненного цикла сахарины, и параллельно этому высокий уровень развития митохондриального аппарата могут быть обусловлены направленностью основной жизненной функции растения на процесс размножения — гаметогенез, являющийся энергетически затратным.

## АНАЛИЗ РЕФЕРЕНСНОГО ТРАНСКРИПТОМА ГИДРОИДНОГО ПОЛИПА *DYNAMENA PUMILA* (LINNAEUS, 1758)

Купаева Д. М.<sup>1,2</sup>, Коноров Е. А.<sup>3</sup>, Кремнёв С. В.<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> МГУ, биологический факультет, кафедра зоологии беспозвоночных

<sup>2</sup> МГУ, биологический факультет, кафедра эмбриологии, лаборатория биофизики развития

<sup>3</sup> МГУ, биологический факультет, кафедра биологической эволюции

<sup>4</sup> Институт биологии развития, лаборатория эволюции морфогенеза

## ANALYSIS OF REFERENCE TRANSCRIPTOME OF THE HYDROID POLYP *DYNAMENA PUMILA* (LINNAEUS, 1758)

Kupaeva D.<sup>1,2</sup>, Konorov E.<sup>3</sup>, Kremnyov S.<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Department of Invertebrate Zoology

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Department of Embryology, Laboratory of Developmental Biophysics

<sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Department of Evolutionary Biology

<sup>4</sup> Koltzov Institute of Developmental Biology RAS

Колониальный гидроидный полип *Dynamena pumila* (Linnaeus, 1758) — перспективный модельный объект для эволюционной биологии развития. До сегодняшнего времени остается непонятен механизм становления первичной орально-аборальной оси тела *D. pumila*, которая морфологически определяется только к стадии препланулы. Более того, при формировании колонии у побегов специфицируется дополнительная ось симметрии тела. В морфогенезе разных частей колонии встречается впервые описанный для гидроидов морфогенез путем заложения хитиновых септ. Данный механизм используется при формировании прикрепительных дисков первичного побега, столона и побега во время закладки гидрантов в верхушке роста. Эмбриональное развитие характеризуется уникальными клеточными механизмами гастрюляции, описанными пока только у *D. pumila*.

Для дальнейшего, более глубокого изучения механизмов регуляции развития *D. pumila* возникла необходимость в создании референсного транскриптома. На заполнение этого пробела и была направлена наша работа.

При подготовке образца для секвенирования была выделена тотальная РНК из смеси разных стадий развития *D. pumila*: от неопло-



дотворенных яиц до первичного побега. С помощью секвенатора Illumina 4000 было получено 830 млн. парноконцевых чтений длиной 150 п. н. Данные были подготовлены к сборке с использованием программ Trimmomatic и FastQC. Сборка производилась при помощи пакета программного обеспечения Trinity. Проверка качества сборки была сделана по базе генов, общих для всех Metazoa, с использованием программы HMMER; она показала, что полученная сборка содержит полнодлинные последовательности 97,18 % генов, N50 — 1890 н. Собранный транскриптом был аннотирован с помощью автоматических алгоритмов аннотации программы Blast2Go.

В первую очередь мы проанализировали наличие и разнообразие компонентов Wnt сигнального пути, который является центральным в регуляции становления осей тела. Так же при идентификации генов-мишеней WNT канонического каскада мы выяснили, что у *D. pumila* имеется три гена транскрипционного фактора *brachiury*, два из которых являются относительно недавно дублированными паралогами. Ранее считалось, что у Hydrozoa присутствуют только два гена *brachiury*. Был проведен филогенетический анализ интересующих нас генов на основе консенсусного выравнивания аминокислотных и нуклеотидных последовательностей.

Мы считаем, что выбор уникального модельного объекта и его изучение с применением молекулярно-биологических методик и подходов сравнительной геномики позволят внести значительный вклад в понимание эволюции процессов развития и становления первичного плана тела у базальных групп многоклеточных животных.

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

## ПРОФИЛИРОВАНИЕ ТРЕХ ФРАКЦИЙ ФЛОРОТАННИНОВ ПО ЗОНАМ ТАЛЛОМА ЛИТОРАЛЬНЫХ БУРЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ POP. FUCALES

*Лемешева В. С., Тараховская Е. Р.*

СПбГУ, кафедра физиологии и биохимии растений

## THE PROFILES OF THREE PHLOROTANNIN FRACTIONS IN THE DIFFERENT THALLUS ZONES OF INTERTIDAL BROWN ALGAE FROM THE ORDER FUCALES

*Lemesheva V., Tarakhovskaya E.*

Saint Petersburg State University,

Department of Plant Physiology and Biochemistry

Флоротаннины — специфическая группа метаболитов бурых водорослей. Это олигомерные и полимерные фенольные соединения с молекулярной массой до 650 кДа, структурной единицей которых является флороглюцин (1,3,5-триоксибензол). Молекулы флоротаннинов различаются по степени полимеризации и типу связей между мономерами. В клетках водорослей содержится две фракции флоротаннинов — растворимые (в специальных органеллах — физодах) и связанные с клеточной стенкой. Содержание растворимых полифенолов варьирует от 0,5 до 25 % сухой массы и зависит от многих факторов: экологических, географических, генетических. Флоротаннины клеточных стенок на данный момент практически не исследованы. Третья фракция флоротаннинов представляет собой молекулы, которые входят в состав экссудатов бурых водорослей. В связи с большим разнообразием молекул, спектр физиологического действия флоротаннинов также широк и, предположительно, включает в себя функции, свойственные как первичным, так и вторичным метаболитам: участие в процессах эмбриогенеза, заживление ран, биоадгезия, предотвращение биообрастания макрофитов, хелатирование ионов тяжелых металлов, защита от фитофагов и другие. Несмотря на значительный интерес к этим веществам, как к потенциальным источникам биологически активных соединений, на сегодняшний день, флоротаннины остаются одной из наименее изученных групп метаболитов водорослей с точки зрения их участия в физиологических процессах.

Цель нашей работы состоит в определении содержания трех фракций флоротаннинов (растворимых, связанных с клеточной стенкой и экссудатов) в разных зонах таллома трех видов бурых водорослей (*Fucus vesiculosus*, *Fucus serratus* и *Pelvetia canaliculata*) для дальнейшего исследования взаимосвязей между распределением и функциями этих веществ. Дополнительным параметром при этом является специфика метаболизма выбранных объектов, обусловленная их различным положением на литорали — от сублиторали (*F. serratus*) до верхней литорали (*P. canaliculata*).

Показано, что содержание флоротаннинов разных фракций в талломах водорослей видо- и тканеспецифично. При этом профили распределения растворимых и связанных с клеточной стенкой полифенолов существенно различаются. Количество растворимых флоротаннинов варьировало от 5 % (рецептакулы *P. canaliculata*) до 24 % (вегетативные верхушки *F. serratus*) сухой массы. Наименьшим содержанием отличались репродуктивные ткани водорослей, а максимальный уровень был обнаружен в центральной зоне таллома (*F. vesiculosus*) или в вегетативных верхушках (другие виды). Количество флоротаннинов, ассоциированных с клеточной стенкой, во всех исследованных водорослях было на порядок ниже, чем содержание растворимых флоротаннинов, и составило в среднем от 0,3 до 1,5 % сухой массы. Флоротаннины клеточных стенок количественно доминировали в базальной зоне таллома, непосредственно над прикрепительной подошвой. Максимальное количество полифенолов в экссудатах было показано для верхушек таллома, содержащих меристематические клетки, а наименьшим количеством характеризовалась базальная зона. Наиболее значительные градиенты распределения растворимых и связанных с клеточной стенкой флоротаннинов показаны для *F. serratus*, что, по-видимому, связано с максимальной степенью анатомической и физиологической дифференцировки таллома этого вида водорослей.

*Проект выполняется при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-04-01331).*

## ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ВОД У КАРЕЛЬСКОГО БЕРЕГА БЕЛОГО МОРЯ

*Липатов М. А., Тельпис Т. Н.*

Санкт-Петербургский государственный университет,  
Институт Наук о Земле, кафедра океанологии

## FEATURES OF THERMAL WATER STRUCTURE NEAR THE WHITE SEA COAST OF KARELIA

*Lipatov M., Telpis T.*

Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences,  
Department of Oceanology

Изучение гидрологического режима морей необходимо для решения вопросов промысловой океанологии, гидротехнического строительства и других прикладных задач. В данной работе был исследована термическая структура вод Белого моря у Карельского берега в летний период.

В ходе практики студентов-океанологов СПбГУ в 2017 г. были собраны данные о термическом режиме проливов Средняя и Узкая Салма, губа Кереть, Большой Керетский рейд и губа Летняя. Причём измерения в губе Летняя кафедрой океанологии были произведены впервые. Данные, полученные с помощью зонда STD-2002, были обработаны с использованием программных пакетов Excel, Ocean Data View (ODV), что позволило получить пространственное распределение поля температуры для вод в этом районе Белого моря. Характер распределения температуры и солёности в губе Кереть — пролив Средняя Салма весьма типичен для середины — конца летнего сезона. Исходя из полученных результатов, можно выделить верхний прогретый слой, до глубины 2 м, где температура в среднем равна 16 °С. Термоклин выражен и наблюдается на глубинах 14–18 м, скачок температуры в этом слое составляет примерно 7 °С. С увеличением глубины температура воды опускается до 3 °С.

В проливе Узкая Салма температура поверхностного слоя воды даже для летнего сезона довольно высока и достигает 17 °С. Частично это перемешанная вода, образующаяся при взаимодействии морских и речных вод. С глубиной температура воды понижается, что следует общей закономерности. На акватории Большой Керетский рейд — губа Летняя было отмечено уменьшение температуры поверхностного слоя на 1–2 °С по сравнению с поверхностными во-

дами в Средней Салме. На глубинах более 70 метров температура понижается до  $-0,04$  °С.

Губа Летняя ограничена от открытой части Белого моря островом Скомороший и вдаётся глубоко в материковую часть (~ 3 км), для неё характерен замедленный водообмен с остальной акваторией и, как следствие, прогрев практически всей толщи воды. В поверхностном слое температура вод имеет схожие значения с температурой аналогичного слоя в губе Кереть (около  $16-16,5$  °С). Толща воды стратифицирована, и в придонном слое температура понижается до  $10$  °С.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЛИНЕЙНОГО РОСТА *SERRIPES GROENLANDICUS* (MOHR, 1786) В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ И ПЕЧОРСКОМ МОРЕ (ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ РАЙОН)

Лисицына К. Н., Герасимова А. В.,  
Саминская А. А., Максимович Н. В.

СПбГУ, кафедра ихтиологии и гидробиологии

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE LINEAR GROWTH OF *SERRIPES GROENLANDICUS* (MOHR, 1786) IN THE KANDALAKSHA BAY (THE WHITE SEA) AND THE PECHORA SEA (SOUTH-EASTERN REGION)

Lisitsina K. N., Gerasimova A. V.,  
Saminskaya A. A., Maximovich N. V.

Saint Petersburg State University,  
Department of Ichthyology and Hydrobiology

Основная идея данной работы — сравнительный анализ группового линейного роста двустворчатых моллюсков *Serripes groenlandicus* (Mohr, 1786) в нескольких местообитаниях Кандалакшского залива Белого моря и юго-восточной части Печорского моря. Анализируемые акватории достаточно схожи по температурному режиму. При этом беломорская акватория в целом более распреснена, нежели рассматриваемый район Печорского моря (соленость прибрежных вод в летнее время 24–26 ‰ и не ниже 30 ‰ соответственно).

Материалом для данной работы послужили сборы в летний период на трех станциях в Кандалакшском заливе Белого моря (глубины 1–6 м, период наблюдений 1989–2009 гг.) и на восьми станциях в Печорском море (глубины 13–35 м, июль–август 2012–2013 гг.). Характер линейного роста моллюсков оценен по результатам реконструкции онтогенетического роста на основании признаков внешней морфологии раковин. *S. groenlandicus* относится к тем редким представителям *Bivalvia*, чей возраст весьма надежно и относительно легко можно определить по наружным годовым меткам на раковине. Различия в характере роста *S. groenlandicus* на разных станциях оценивали как расстояние между групповыми возрастными рядами. Групповые возрастные ряды были построены в результате усреднения размеров моллюсков в периоды зимних остановок роста на каждой станции. Сравнение возрастных рядов осуществлено в ходе ана-

лиза остаточных дисперсий относительно кривых роста. В качестве модели роста использовали уравнение прямой линии.

Максимальные размеры *S. groenladicus* в изученных районах Белого и Печорского морей оказались близки (около 60 мм), в то время как наибольшая продолжительность жизни представителей данного вида в Печорском море почти в два раза превышала таковую в Белом: 24–28 лет и 12 лет соответственно. Характеристики группового роста моллюсков отличались вариабельностью как в разных морях, так и на разных станциях одного и того же района. В целом, во всех местообитаниях Кандалакшского залива (наиболее мелководных из рассматриваемых) средняя скорость роста серрипесов достоверно выше, чем у экземпляров из Печорского моря. Среди беломорских представителей самым медленным ростом (в среднем 26 мм за первые 5 лет жизни) отличались серрипесы на станциях, в донных отложениях которых отмечено наибольшее содержание мелкозернистых фракций (алевритов и пелитов). Сходные закономерности оказались характерны и для *S. groenladicus* из Печорского моря. Однако в этом районе в группу наиболее тугорослых животных (в среднем 15 мм за первые 5 лет жизни) попали особи как с илисто-песчаных участков (доля алеритов и пелитов в среднем около 40 %), так и с самых глубоководных из рассматриваемых станций (глубина 35 м). На данном этапе исследования в обнаруженной вариабельности группового роста *Serripes groenladicus* в Белом и Печорском морях логично видеть отражение различий условий питания фильтраторов-сестонофагов, к которым относятся представители данного вида *Bivalvia*.

## ПОЛИМОРФИЗМ ПАРАСПЕРМАЛЬНОГО БЕЛКА LOSP В ГРУППЕ БЛИЗКИХ ВИДОВ РОДА *LITTORINA*

Лобов А. А.<sup>1</sup>, Мальцева А. Л.<sup>1</sup>,  
Михайлова Н. А.<sup>1,2</sup>, Гранович А. И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

<sup>2</sup>Институт Цитологии РАН, отдел клеточных культур

## POLYMORPHISM OF LOSP PARASPERMAL PROTEIN IN GROUP OF SIBLING SPECIES GENUS *LITTORINA*

Lobov A.<sup>1</sup>, Maltseva A.<sup>1</sup>,  
Mikhailova N.<sup>1,2</sup>, Granovitch A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Saint Petersburg State University,  
Department of Invertebrate Zoology

<sup>2</sup>Institute of Cytology RAS, Department of Cell Culture

Несовместимость гамет — один из ключевых репродуктивных барьеров морских организмов с внешним оплодотворением (Swanson & Vacquier, 2002; Wilburn & Swanson, 2015). Полиморфизма одного или нескольких белков взаимодействия гамет достаточно для формирования репродуктивной изоляции. В тоже время накоплено большое количество данных о том, что белки взаимодействия гамет имеют высокий уровень полиморфизма и находятся под действием позитивного отбора. На основании этого можно предполагать возможность быстрого видообразования на основе варибельности белков взаимодействия гамет.

На примере насекомых показано, что аналогичный феномен характерен и для полиандрических видов с внутренним оплодотворением. Однако насекомые — единственная модельная система для изучения несовместимости гамет у беспозвоночных с внутренним оплодотворением, и разработка новых модельных систем представляет актуальную задачу.

В качестве такой модели могут выступать системы близких видов рода *Littorina* подрода *Neritrema* — полиандрических моллюсков с внутренним оплодотворением. В составе акросомального экстракта *L. obtusata* был идентифицирован параспермальный белок — LOSP (Lobov et al., 2015, 2018). LOSP экспрессируется только в параспермальных клетках и экзоцитируется в репродуктивной системе самок после осеменения. Функция этого белка не известна, однако, вероятнее всего, она напрямую связана с хранением спермы, пере-



дачей сигнала между самцом и самкой или конкуренцией сперматозоидов. Другими словами, полиморфизм этого белка может быть ассоциирован с репродуктивной изоляцией.

Для изучения внутри и межвидового полиморфизма LOSP использовали моллюсков рода *Littorina* из нескольких популяций Белого и Баренцева морей. Из половозрелых самцов извлекали гонады, выделяли РНК и синтезировали кДНК, после чего проводили ПЦР-амплификацию *losp*. На основании полученных сиквенсов *losp* у 50 особей *L. obtusata* и у нескольких представителей других видов нам удалось оценить внутри- и межвидовой видовой полиморфизм этого белка.

Данные межвидового полиморфизма LOSP хорошо согласуются с гипотезой о его участии в репродуктивной изоляции. На внутривидовом уровне мы выявили слабую вариабельность LOSP у *L. obtusata* и значительную вариабельность между разными популяциями у *L. saxatilis*. При этом межвидовая вариабельность значительно превосходит внутривидовую. В тоже время, даже у одной особи *L. fabalis* было выявлено несколько последовательностей кДНК *losp*, характеризующихся высокой вариабельностью.

*Проект выполняется при поддержке РЦ «Развитие молекулярных и клеточных технологий» и гранта РФФИ 15-04-08210а. Коллектив авторов выражает благодарность УНБ «Беломорская», на которой была выполнена часть работ.*

## РЕАКЦИЯ НЕМЕРТИН НА ХИМИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ ОБИТАТЕЛЕЙ МИДИЕВЫХ БАНОК

Мартынова А. А.<sup>1</sup>, Хайтов В. М.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии),  
ЭБЦ «Крестовский остров»

<sup>2</sup> СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

<sup>3</sup> Кандалакшский государственный заповедник

## REACTION OF NEMERTEANS ON WATERBORNE CUES FROM ORGANISMS INHABITING MUSSEL BEDS

Martynova A.<sup>1</sup>, Khaitov V. M.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Laboratory of marine benthic ecology (hydrobiology),  
EBC "Krestovsky ostrov"

<sup>2</sup> Saint Petersburg State University,  
Department of Invertebrate Zoology

<sup>3</sup> Kandalaksha State Nature Reserve

Немертины — типичные обитатели литорали Белого моря, тяготеющие к плотным поселениям мидий (Хайтов и др., 2007). Возможны два не противоречащих друг другу объяснения этой связи. Мидии, создавая скопления твердых тел, могут повышать гетерогенность среды, предоставляя убежища для немертин (Хайтов, Бровкина, 2014). Вместе с тем, эти хищники могут обладать поведенческими реакциями, связанными с направленным движением в сторону источников сигналов, исходящих от жертв. Роль второго механизма в регуляции распределения беломорских немертин не изучена. Для проверки роли хемотаксиса в регуляции распределения немертин (комплекс *Poseidon ruber* + *P. viridis*), мы провели серию из 10 экспериментов. Мы собрали установку, состоящую из 8 модулей. Каждый модуль включал два герметичных контейнера, соединенных трубками. В первый контейнер, расположенный выше по течению («сигнальный» контейнер), помещали источник сигнала: потенциальных жертв немертин (олигохет) или организмов-эдификаторов сообщества (мидий). В этот контейнер под небольшим давлением подавалась аэрированная морская вода. Сигнальные контейнеры, не содержащие никаких животных, использовались в качестве контроля. Вода, прошедшая через сигнальный контейнер, протекала через второй контейнер («исходный»), в который помещали 20 немертин. Черви имели возможность свободно перемещаться по трубкам

из исходного контейнера в сигнальный (обратное движение система не позволяла). Каждый эксперимент продолжался 3 суток. В конце было подсчитано количество немертин, заползших в сигнальный контейнер, был измерен вес животных в сигнальных контейнерах, и определено количество кислорода, поглощенное в каждом модуле.

Была построена регрессионная модель, в которой количество немертин, заползших в сигнальный контейнер, рассматривали в качестве зависимой переменной. Модель включала два предиктора: (1) тип сигнала (вода, олигохеты или мидии) и (2) биомасса источника сигнала. Номер эксперимента рассматривали как случайный фактор.

Показано, что количество немертин, заползших в сигнальные контейнеры с мидиями или олигохетами, достоверно превышает количество немертин, переместившихся в сигнальные контейнеры с чистой водой. То есть, сигналы, исходящие от вида-эдификатора сообщества или от потенциальных жертв, привлекают немертин. Существенной разницы между реакцией на сигналы от мидий и от олигохет не выявлено. Вместе с тем, модель показывает, что повышение биомассы источника сигнала приводит к снижению количества немертин, заползших в сигнальный контейнер, и эта зависимость не связана с дефицитом кислорода в сигнальных контейнерах. Таким образом, высокая концентрация сигнала может даже вызывать у немертин реакцию избегания.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ФУНИКУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ БЕЛОМОРСКОЙ МШАНКИ *TERMINOFLUSTRA* *MEMBRANACEOTRUNCATA*

*Матвиенко Д. А.<sup>1</sup>, Островский А. Н.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

<sup>2</sup>Университет Вены, Департамент палеонтологии

## FUNICULAR SYSTEM OF THE BRYOZOAN *TERMINOFLUSTRA MEMBRANACEOTRUNCATA* FROM THE WHITE SEA

*Matvienko D. A.<sup>1</sup>, Ostrovsky A. N.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University,  
Department of Invertebrate Zoology

<sup>2</sup> University of Vienna, Department of Palaeontology

Традиционно транспортной системой мшанок класса Gymnolaemata принято называть совокупность фуникулярных тяжей мезотелиального происхождения, ассоциированных с поровыми клеточными комплексами в стенках зооидов. Фуникулярные тяжи рассматривают в качестве гомологов кровеносной системы, хотя данное предположение не является доказанным. Наиболее высокой степени развития фуникулярная система достигает у мшанок отряда Cheilostomata — на сегодняшний день самой крупной и морфологически самой разнообразной группы Bryozoa. Возможно, что именно развитие сложной фуникулярной системы позволило хейлостоматам достигнуть высокого уровня интеграции колоний, что проявляется как в наличии общеколонимальных поведенческих реакций, так и в широко представленном явлении зооидального полиморфизма.

Степень изученности организации фуникулярной системы остается крайне неудовлетворительной. Например, до сих пор не доказана непрерывность лакун в тяжах, поэтому не ясно, насколько важна роль межклеточного транспорта. Зона контакта фуникулярных тяжей соседних зооидов (поровый комплекс) — самая проблемная для исследования и, в то же время, ключевая для понимания процессов общеколонимального транспорта. Чем больше степень обывзвествления колонии, тем сложнее получить качественные изображения, необходимые для понимания строения и функционирования этой системы.

В нашей работе представлены гистологические и ультраструктурные данные по организации фуникулярных тяжей и клеток порового комплекса беломорской хейлостомной мшанки *Terminoflustra membranaceotruncata*.

*Исследование выполняется при поддержке грантов РФФИ (16-04-00243-а) и СПбГУ (1.38.233.2015 и 1.42.739.2-17).*

## РОЛЬ WNT-СИГНАЛИНГА В ВОССТАНОВЛЕНИИ МЕТАМЕРНОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ПОЛИХЕТЫ *ALITTA VIRENS*

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

Санкт-Петербургский государственный университет,  
Кафедра эмбриологии

## IMPLICATION OF THE WNT-SIGNALING IN REESTABLISHMENT OF METAMERIC STRUCTURE IN POST-TRAUMATIC REGENERATION OF THE POLYCHAETE *ALITTA VIRENS*

Melentiy A., Kostyuchenko R., Kozin V.

Saint Petersburg State University, Department of Embryology

Среди высокоорганизованных билатерально-симметричных животных одной из групп, обладающих наиболее сильными регенеративными потенциями, являются кольчатые черви. У некоторых полихет даже в естественных условиях встречается восстановление целостной структуры тела всего из нескольких сегментов. Изучению проблемы регенерации и сегментации полихет сейчас уделяется достаточно большое внимание, поскольку это представляет огромный интерес для разрешения многих фундаментальных и прикладных вопросов биологии развития. Полученная информация обеспечивает новое понимание эволюции развития животных и регенерации.

Очевидно, что во время регенерации клетки, формирующие границы сегментов, получают позиционную информацию с помощью каких-то морфогенетических механизмов, например, сигналинга. Показано, что сигнальный путь Wnt принимает участие во многих биологических процессах, таких как закладка осей тела на этапах раннего эмбрионального развития, регуляция органогенеза, регенерация и сегментация. Участие *wnt* генов в процессе регенерации показано для губок, кишечнополостных, плоских и кольчатых червей, асцидий и амфибий. У аннелид, членистоногих и позвоночных животных выявлено участие *wnt* генов в процессе сегментации. Для получения подробных данных о возможной роли этого сигналинга в постларвальном развитии аннелид, с помощью метода гибридизации *in situ* была исследована экспрессия компонентов Wnt пути у ювенильных особей *Alitta virens* на разных сроках после ампутации.

Экспрессия консервативного гена-мишени *engrailed* была исследована при обычной посттравматической регенерации, а также при

воздействии фармакологических модуляторов Wnt-сигналинга: ингибиторов IWP-2, PNU-74654 и активаторов BIO, 1-Azakenpaullone. Стоит отметить, что при их воздействии размеры и степень развития регенерата, а именно количество сформировавшихся метамеров, были меньше, чем у контрольных особей. Этот эффект проявлялся сильнее при воздействии ингибиторов. Формирование сегментарных границ у регенерата происходило позднее, что подтверждается меньшим количеством полос экспрессии *engrailed*. Данный факт может свидетельствовать о нарушении программы восстановления метамерной структуры при вмешательстве в Wnt-сигналинг. Важно добавить, что экспрессия исследованных молекулярных маркеров сегментации наблюдалась преимущественно в покровных тканях, что делает вопрос взаимодействия эктодермальных и мезодермальных зачатков еще более актуальным. Учитывая классические представления о ведущей роли мезодермы в формировании постларвальных сегментов аннелид, особого внимания заслуживает поиск механизмов метамеризации бластемы.

На основании полученных в результате гибридизации *in situ* картин экспрессии *engrailed* и *wnt1*, можно предположить, что оба гена участвуют в формировании паттерна сегментации, а в целом путь Wnt принимает участие в обеспечении позиционной информацией и тем самым создаёт условия для нормального хода регенерации.

*Проект выполнен при поддержке гранта РФФИ № 18-04-01335 с использованием оборудования РЦ РМиКТ СПбГУ.*

## ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПАРАЗИТИЧЕСКИХ РАКООБРАЗНЫХ *PELTOGASTER PAGURI* И *PELTOGASTRELLA GRACILIS* (CIRRIPIEDIA: RHIZOCEPHALA) С ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМОЙ ХОЗЯИНА

Миролюбов А. А.<sup>1</sup>, Илюткин С. А.<sup>2</sup>,  
Лянгузова А. Д.<sup>2</sup>, Добровольский А. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Зоологический Институт РАН,  
лаборатория паразитических червей и протистов

<sup>2</sup> СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

## PECULIARITIES OF INTERACTIONS BETWEEN PARASITIC CRUSTACEANS *PELTOGASTER PAGURI*, *PELTOGASTRELLA GRACILIS* (CIRRIPIEDIA: RHIZOCEPHALA) AND CENTRAL NEURAL SYSTEM OF THE HOST

Miroliubov A. A.<sup>1</sup>, Ilyutkin S. A.<sup>2</sup>,  
Lianguzova A. D.<sup>2</sup>, Dobrovolskij A. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Zoological Institute RAS, Laboratory of parasitic worms and protists

<sup>2</sup> Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology

Представители группы Rhizocephala известны своей способностью воздействовать на разные аспекты жизни своих хозяев, изменяя их физиологический и гормональный статус, в том числе контролируя личинный цикл. Данное влияние может значительно сказываться на морфотипе хозяина и его поведении. Однако сравнительно мало известно о механизмах этих процессов. В данном исследовании нам удалось обнаружить и описать морфологию и ультраструктуру мест непосредственного контакта паразита с нервной тканью хозяина. Некоторые из трофических столонов интерны как представителей вида *Peltogaster paguri*, так и *Peltogastrella gracilis*, были ассоциированы с ганглиями брюшной нервной цепочки, располагающейся в абдомене хозяина. Гистологические срезы показали, что столоны паразитов проникают сквозь оболочку нервного ганглия, а их дистальные участки располагаются в толще нервной ткани хозяина и модифицированы в бокаловидные структуры. Данные образования значительно отличаются как по тканевой организации, так и по ультраструктуре от обычных трофических столонов, располагающихся в полости тела хозяина. У представителей исследованных видов также выявлены различия в строении бокаловидных



органов (толщина стенки самого органа, тонкое строение образующих его клеток и кутикулы) и в степени воздействия на нервную ткань хозяина. Несмотря на различия в строении выделяемых нами бокаловидных структур у представителей разных видов, мы предполагаем, что они выполняют сходную функцию. Скорее всего, эти органы ответственны за взаимодействие паразита с нервной системой хозяина, на что указывают их локализация, высокая метаболическая активность (в клетках бокаловидных органов наблюдалось высокое содержание цистерн ЭПР) и строение кутикулы.

## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ГОНОПЕРИКАРДИАЛЬНОЙ И ЦИРКУЛЯТОРНОЙ СИСТЕМ *CRYSTALLOPHRISSEON NITENS* (MOLLUSCA: APLACOPHORA)

Надуваева Е. В., Ворцenneва Е. В.

МГУ им. М. В. Ломоносова,  
кафедра зоологии беспозвоночных

## STRUCTURAL FEATURES OF THE CIRCULATORY AND GONOPERICARDIAL SYSTEMS OF *CRYSTALLOPHRISSEON NITENS* (MOLLUSCA: APLACOPHORA)

*Naduvaeva E., Vortsepneva E.*

M.V. Lomonosov Moscow State University

Aplacophora — аберрантная группа моллюсков с червеобразным телом, лишенным раковины и покрытым толстой кутикулой с известковыми спикулами. Их целом сильно редуцирован и представлен перикардом и полостью гонад, опорную функцию берет на себя циркуляторная система, которая представлена системой синусов, разделенных диафрагмами. Сходная организация циркуляторной системы описана у представителей Polyplacophora, которые вместе с аплакофорами образуют группу Aculifera. Хотя хитоны обладают внешней раковинной из восьми пластинок и значительно отличаются от аплакофор по другим морфологическим признакам и образу жизни, они имеют довольно четко организованную первичную полость тела, которая также подразделена двумя вертикальными и одной горизонтальной диафрагмами. Таким образом, вопросы о том, является ли подобная организация первичной чертой, гомологичны ли эти перегородки у двух групп, или же у аплакофор они возникли независимо в связи с переходом к перистальтическому типу локомоции, остаются открытыми.

В связи с этим целью работы является изучение общей морфологии и ультратонкого строения циркуляторной и гоноперикардиальной систем Aplacophora (Mollusca) на примере *Crystallophrisseon nitens*.

В данной работе были использованы как классические методы морфологических исследований: световая и электронная (сканирующая и трансмиссионная) микроскопии, так и современный метод трехмерной компьютерной реконструкции, который позволил точно установить местоположение внутренних органов и полостей.

Гоноперикардиальная система включает гонады, парные гоноперикардиальные протоки, перикард и две пары гонодуктов. Отличительной особенностью организации полости тела *Aculifera* является наличие основных синусов (церебральных, висцеральных и вентральных), дорсо-вентральной перегородки в передней части тела, горизонтальной диафрагмы и дорсальной аорты. Основываясь на этих данных, можно предположить общую схему циркуляции для *Aculifera*: вентральный синус несет кровь из церебрального синуса к жабрам, попадая туда, кровь насыщается кислородом в системе жаберных синусов, а затем возвращается через висцеральный синус к голове. Строение диафрагм у *Aculifera* также сходно. Тем не менее, сердце *Arlosiphora* имеет ряд отличительных особенностей: предсердие имеет связь с дорсальным синусом, а желудочек полностью закрыт.

**ОБЩАЯ МОРФОЛОГИЯ И УЛЬТРАТОНКОЕ СТРОЕНИЕ СПИКУЛ  
*ONCHIDORIS MURICATA* (MÜLLER, 1776)  
(MOLLUSCA, NUDIBRANCHIA)**

*Никитенко Е. Д.*

МГУ им. М. В. Ломоносова,  
кафедра зоологии беспозвоночных

**MORPHOLOGY AND ULTRASTRUCTURE OF SPICULES *ONCHIDIRIS MURICATA* (MULLER, 1776) (MOLLUSCA, NUDIBRANCHIA)**

*Nikitenko E.*

Moscow State University,  
Department of Invertebrate Zoology

Голожаберные моллюски принадлежат к широко распространенному монофилетическому отряду брюхоногих моллюсков (Nudibranchia, Gastropoda), характерной чертой которого является отсутствие раковины. В ходе эволюции у голожаберных моллюсков сформировались структуры, которые, вероятно, функционально заменяют раковину. У представителей группы Doridacea в покровах обнаружены спикулы, которые выполняют опорную и защитную функции.

Общая морфология спикул Doridacea описана на световом уровне для единичных видов, при этом данные по гистогенезу спикул даже на световом уровне отсутствуют.

Работа посвящена изучению морфологии и ультратонкого строения спикул *Onchidoris muricata* (O. F. Müller, 1776) (Nudibranchia, Mollusca) с целью описания процесса формирования спикул. Сбор материала производился в летний период 2016–2017 гг. в Канда-лакшском заливе в окрестностях Беломорской биологической станции им. Н. А. Перцова. В работе применялись методы световой и электронной микроскопии.

В результате наших исследований для *O. muricata* отмечено расположение спикул в виде горизонтальных и вертикальных сетей, что было описано ранее для других видов дорид. Изучение ультратонкого строения спикул показало уникальный внутриклеточный способ их формирования, ранее не описанный в литературе. С помощью метода сканирующей электронной микроскопии выявлены различия в структуре спикул даже у одной особи, что, вероятно, связано с разным этапом формирования спикул.

## ПРИБРЕЖНЫЕ СООБЩЕСТВА РЫБ БЕЛОГО МОРЯ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, КЕРЕТСКИЙ АРХИПЕЛАГ)

*Савельев П. Д.<sup>1</sup>, Бахвалова А. Е.<sup>2</sup>, Смирнова К. А.<sup>2</sup>,  
Иванова Т. С.<sup>2</sup>, Иванов М. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> РГПУ им. А. И. Герцена, факультет биологии

<sup>2</sup> СПбГУ, кафедра ихтиологии и гидробиологии

## COASTAL FISH COMMUNITIES IN THE WHITE SEA (KANDALAKSHA BAY, KERET ARCHIPELAGO)

*Savelyev P. D.<sup>1</sup>, Bakhvalova A. E.<sup>2</sup>, Smirnova K. A.<sup>2</sup>,  
Ivanova T. S.<sup>2</sup>, Ivanov M. V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> The Herzen State Pedagogical University Of Russia,  
Faculty of Biology

<sup>2</sup> Saint Petersburg State University,  
Department of ichthyology and hydrobiology

Прибрежные сообщества рыб Белого моря изучены на сегодняшний момент недостаточно, поскольку эти участки акватории не охвачены методами статистического учёта рыбопромысловой промышленности. Между тем исследование подобных сообществ очень важно, так как размножение и развитие молоди многих промысловых видов связаны именно с прибрежной зоной, а массовые непромысловые прибрежные рыбы часто являются либо кормовыми объектами, либо конкурентами промысловых рыб. Кроме того, полученные в ходе таких исследований данные можно применить для разработки наиболее рационального использования ресурсов рыбных сообществ.

Нами было обследовано 11 станций, расположенных в окрестностях УНБ «Беломорская» СПбГУ (о. Средний). Лов рыбы проводили в августе 2017 г. с помощью набора из пяти жаберных сетей (длина 30 м и высота 1,8 м) с размерами ячеи 8, 16, 20, 30 и 40 мм. В каждом сборе определяли видовой состав и подсчитывали количество отловленных экземпляров, рассчитывали индекс Шеннона, у каждой особи измеряли стандартную длину (мм), массу тела без внутренностей (г), массу гонад (у самок), брали чешую или отолиды для определения возраста. Для каждой станции оценивали показатель прибойности (высокая — низкая), характер грунта, средний уклон дна, преобладающую растительность.

Наиболее часто в прибрежных участках Кандалакшского залива встречались треска (*Gadus morhua*), керчак (*Myoxocephalus scorpius*), навага (*Eleginus nawaga*) и сельдь (*Clupea pallasii*). Менее распространены в указанной акватории рогатка (*Myoxocephalus quadricornis*), лиманда (*Limanda limanda*), полярная камбала (*Liopsetta glacialis*) и корюшка (*Osmerus dentex*). Такие виды как речная камбала (*Platichthys flesus*), сайка (*Boreogadus saida*), сиг (*Coregonus lavaretus*), маслюк (*Pholis gunnellus*), зубатка (*Anarhichas lupus*) представлены в сборах единичными находками.

Станции, расположенные в кутах губ, отличавшиеся низкой прибойностью, илистым дном и преобладанием zostеры и нитчатки, обладали достоверно более высокими показателями видового разнообразия, чем станции с высокой прибойностью, каменистым грунтом или скалами и преобладанием фукусовых водорослей (среднее количество видов рыб соответственно  $8,4 \pm 0,68$  и  $5,2 \pm 0,58$  (Mann-Whitney U-test,  $p = 0,001$ ), индекс Шеннона соответственно от 2,15 до 2,5 и от 0,88 до 1,89 (Mann-Whitney U-test,  $p = 0,0012$ ).

Треска и керчак встречались на всех станциях, сельдь и лиманда были отмечены в 60–80 % сборов вне зависимости от характеристик станций; для остальных видов встречаемость на открытых станциях была меньше, чем на затишных.

Общая численность рыб в уловах составляла в среднем  $54,6 \pm 14,2$  экз. на затишных станциях и  $86,4 \pm 25,6$  экз. на прибойных, и различалась недостоверно (Mann-Whitney U-test,  $p = 0,4$ ). Без учета трески и керчака, встречаемость и численность которых не зависела от характеристик станций, численность остальных рыб была достоверно выше на затишных станциях, чем на прибойных (Mann-Whitney U-test,  $p = 0,022$ ), и составляла  $42,2 \pm 9,3$  и  $7,8 \pm 2,3$  экз. соответственно.

С уклоном дна достоверно отрицательно коррелируют: общее число видов ( $r_s = -0,77$ ,  $p = 0,008$ ), численность наваги ( $r_s = -0,91$ ,  $p = 0,0001$ ), рогатки ( $r_s = -0,78$ ,  $p = 0,007$ ) и полярной камбалы ( $r_s = -0,69$ ,  $p = 0,028$ ).

## ЕСТЬ ЛИ ЯДРА В ПЛАЗМОДИИ ОРТОНЕКТИД (ORTHONECTIDA)?

Скалон Е. К., Слюсарев Г. С.

СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

## ARE THERE ANY PLASMODIAL NUCLEI IN THE PLASMODIUM OF ORTHONECTIDS (ORTHONECTIDA)?

Skalon E., Slyusarev G.

Saint Petersburg State University,  
Department of Invertebrate Zoology

Orthonectida Giard, 1877 — небольшая специфическая группа морских беспозвоночных животных, близких к Annelida. Ортонектиды являются паразитами немертин (*Lineus ruber*), турбеллярий (*Macrorhynchus crocea*), моллюсков (*Onoba aculeus*) и др. Они были обнаружены в 1877 г., однако, несмотря на столь длительный период исследований, до сих пор остаются малоизученными. Главным препятствием для понимания биологии ортонектид является до сих пор открытый вопрос о природе так называемого плазмодия, в виде которого ортонектиды существуют на паразитическом этапе своей жизни. Плазмодий представляет собой некое образование внутри тела животного-хозяина. Плазмодий растет, в нем постепенно развиваются самки и самцы ортонектид, которые впоследствии выйдут во внешнюю среду для полового размножения и продукции личинок, инфицирующих новых хозяев. Именно на стадии плазмодия проходит большая часть жизненного цикла ортонектид. Каким путем он образуется и чем является по своей сущности — основные вопросы, которые так и остаются нерешенными. С точки зрения некоторых специалистов (Kozloff, 1990, 1994, 1997), плазмодий представляет собой лишь разросшуюся под воздействием внедрившейся паразитической зародышевой массы ткань самого хозяина. По мнению других авторов (Caullery, Lavalee, 1912; Slyusarev, Miller, 1998) плазмодий — преобразованная личинка ортонектид, и является неотъемлемой и самостоятельной фазой их жизненного цикла. Один из способов подтвердить ту или иную гипотезу — современными методами решить вопрос о существовании ядер плазмодия. Если собственных ядер в плазмодии нет, значит, его нельзя считать самостоятельным организмом. Однако при наличии ядер плазмодия можно судить о том, что это отдельная стадия жизненного цикла ортонектид.

На срезах замороженного материала, при помощи методов флуоресцентной конфокальной микроскопии, не применявшихся ранее для изучения паразитической стадии ортонектид, мы исследовали молодой плазмодий вида *Intoshia linei* (хозяин — немертина *Lineus ruber*). Нам удалось четко различить формирующихся эмбрионов будущих самцов и самок ортонектид, в том числе и их ядра. Кроме того, мы регистрировали ядра, лежащие свободно внутри плазмодия и не отличимые по внешнему виду от ядер эмбрионов ортонектид. Ядра самой немертины, присутствующие на срезах, обладают иной формой и размерами. Границы плазмодия визуальнo отделяются от тканей хозяина за счёт более интенсивного окрашивания цитоплазмы плазмодия антителами к серотонину. В плазмодии отмечены как одиночные ядра, так и их скопления — вероятно, это обусловлено активно идущими процессами роста отростков плазмодия внутри тела хозяина. Также в плазмодии нами были отмечены митотические фигуры.

Наши данные однозначно подтверждают наличие ядер в цитоплазме плазмодия и являются ключевым аргументом в пользу точки зрения о том, что плазмодий ортонектид — самостоятельный паразитический организм.

*Проект выполняется при поддержке РЦ «Развитие молекулярных и клеточных технологий», РЦ «Ресурсный центр микроскопии и микроанализа» и гранта РФФИ 16-04-00782.*



## ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА НА УНБ «БЕЛОМОРСКАЯ»

*Скрябин А. С.*

СПбГУ, кафедра физики Земли

## GEOPHYSICAL PRACTICE AT THE ERS "BELOMORSKAYA"

*Skryabin A.*

Saint Petersburg State University,

Department of Earth physics

В соответствии с учебным планом кафедры Физики Земли на Учебно-научной базе «Беломорская» СПбГУ ежегодно проводится учебная геофизическая практика для студентов, окончивших первый курс магистратуры.

Целью практики является получение студентами навыков полевых инженерных геофизических исследований и ознакомление с геофизическими методами изучения верхних слоев земной коры. На известных геологических объектах студенты выполняют комплекс работ с применением методов электроразведки, магниторазведки и сейсморазведки, а также обрабатывают полученные данные с помощью специального программного обеспечения для дальнейшей интерпретации и анализа и построения модели верхней части разреза.

Геофизические работы проводят на участках с различной топографией. Используют методы магниторазведки, георадарного профилирования, вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и электротомографии, сейсморазведки и зондирования становлением поля (ЗСБ).

На участке у дома «Стаханов» студенты выполняют георадиолокационные, электроразведочные и сейсморазведочные работы. В ходе этих работ получено большое количество информации о геологическом строении исследуемого участка. Завершает процесс сопоставление и интерпретация данных, полученных с помощью различных методов.

Работы на «Большом» озере включают картирование озера и поиск «неизвестного» затонувшего объекта — металлической бочки. По результатам георадиолокации выявлены слои донных отложений, а также граница термоклина.

Наибольший интерес представляют результаты работ, проведенных на мысе Картеш. На данном участке выполнены магнитораз-

ведка и ЗСБ. На исследуемых профилях обнаружены сульфидные жилы, которые в некоторых местах выходят на поверхность. Интерпретация данных ЗСБ произведена с учетом двумерной неоднородности разреза. На кривых зондирования имеет место смена знака сигнала, что говорит о влиянии индуктивно возбуждаемой вызванной поляризации (ВПИ), что, вероятно, связано с вкрапленным оруденением. Сульфидные жилы проявляются как характерные аномалии в данных магниторазведки. Результаты интерпретации данных ЗСБ и магниторазведки хорошо коррелируют между собой.

Практику дополняет обзорная геологическая экскурсия по островам Керетского архипелага. Учебно-научная база «Беломорская» СПбГУ предоставляет уникальные возможности для организации учебного процесса.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ ПОД СНЕЖНЫМ ПОКРОВОМ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

*Сумкина А. А.*

СПбГУ, Институт наук о Земле, программа «ФОБОС»  
Арктический и Антарктический НИИ, отдел подготовки кадров

## MODELLING OF THE GROUND TEMPERATURE UNDER SNOW IN WINTER CONDITIONS

*Sumkina A. A.*

Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, program «FOBOS»  
Arctic & Antarctic Research Institute

Экосистема в Арктике приспособлена к особым гидрометеорологическим условиям, изменение которых может привести к исчезновению компонентов биосистемы. Нестандартные для данной местности метеорологические явления, к которым не приспособлен реципиент, называют опасными явлениями погоды (ОЯП). По мнению исследователей, изменение температурного режима ставит на грань вымирания некоторые виды животных, которым тяжело приспособиться к изменению климата.

Северный олень является источником пищи, материалом для жилищ, транспорта, орудий труда и других предметов быта коренных народов Арктики. Перепад значений температуры приземного воздуха и таяние снега приводит к образованию ледяной корки. Ледяная корка ухудшает условия добычи корма и является причиной возникновения ряда заболеваний у животных. Для достоверного прогнозирования состояния снежного покрова и образования ледяной корки используют теплобалансовые модели, например, модель «Snowpack». Важным условием для формирования ледяных корок является определённая температура на поверхности почвы. Модель «Snowpack» учитывает эту особенность, но для адекватного прогнозирования с помощью модели необходимы значения измеренной температуры на поверхности почвы. Для территории полуострова Ямал подобные данные отсутствуют, однако значение данного параметра может быть рассчитано с помощью численного решения уравнения теплопроводности на сетке (the heat conduction equation, далее — HCE) и приближенного метода (the force-restore method, далее — FRM). Использование обоих методов требует наличия метеорологических данных, на базе которых будут проводиться расчеты.

В модели «Snowpack» изменяется нижнее граничное условие (температура поверхности почвы под снежным покровом) в условиях вечной мерзлоты. Метод FRM был первоначально разработан для оценки суточных колебаний температуры поверхности земли. Из-за относительно простой параметризации его применяют в климатических моделях для расчета температур почвы на глубине, мерзлых грунтов и почв под снежным покровом. Для реализации модели были использованы программные средства, созданные на базе Института исследования снега и лавин на языке программирования C++.

Модель «Snowpack» была адаптирована для моделирования свойств снежного покрова с учетом возможного отсутствия данных, полученных при непосредственных измерениях температуры поверхности почвы. Уравнения приближенного метода (FRM) были внесены в модель «Snowpack». Проведено четыре численных эксперимента по вычислению температуры поверхности почвы в модели «Snowpack» с учетом новых граничных условий. Показана идентичность профилей температуры, рассчитанной в «Snowpack» с использованием измеренных данных, и вычисленной с помощью FRM. Таким образом, уравнения приближенного метода (FRM) можно использовать в модели «Snowpack», при отсутствии данных о температуре поверхности почвы.

## ВИДОВАЯ И ТКАНЕВАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ АНТИТЕЛ ПРОТИВ БЕЛКА P48 ИЗ МОДУЛЯРНЫХ КЛЕТОК АСЦИДИИ *STYELA RUSTICA* (LINNAEUS, 1767)

Тылец М. И.<sup>1</sup>, Даугавет М. А.<sup>2</sup>, Шапошникова Т. Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> СПбГУ, кафедра цитологии и гистологии

<sup>2</sup> Институт Цитологии РАН, группа некодирующей ДНК

## SPECIES AND TISSUE SPECIFICITY OF ANTIBODIES AGAINST PROTEIN P48 FROM MORULAR CELLS OF ASCIDIAN *STYELA RUSTICA* (LINNAEUS, 1767)

Tylets M.<sup>1</sup>, Daugavet M.<sup>2</sup>, Shaposhnikova T.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University,  
Department of cytology and histology

<sup>2</sup> Institute of Cytology RAS, group of uncoding DNA

Оболочники (Tunicata) являются интересной в эволюционном отношении группой, которую многие авторы помещают у основания ветви Хордовых. Однако, оболочникам присущи необычные для хордовых черты организации, такие как наличие хорды и нервной трубки только на личиночной стадии; покровы, образованные целлюлозной туникой; переход многих представителей этого подтипа к сидячему образу жизни (Вестхаиде, Ригер, 2008). Сравнение секвенированного генома аппендикулярии *Oikopleura dioica* и геномов других хордовых показало, что среди современных представителей именно оболочники, а не головохордовые, как считалось ранее, являются группой, наиболее близкой к позвоночным животным (Delsuc et al., 2006). Асцидии (Tunicata, кл. Ascidiacea) встречаются во всех морях и океанах, являясь обитателями бентосных сообществ. Объектами нашего изучения стали представители нескольких видов асцидий, обитающих в Белом море.

В крови асцидий описывают от 5 до 12 типов клеток, выполняющих различные функции. Модулярные клетки составляют около 30–40 % от общей популяции всех клеток крови (Чага, 1998). Было выявлено два мажорных белка, характерных для данного типа клеток, одним из них является белок p48 (Podgornaya, Shaposhnikova, 1998). Целью нашей работы стало определение специфичности полученных нами новых поликлональных антител против белка p48 из модулярных клеток асцидии *Styela rustica*.

Для проверки специфичности проводили фиксацию асцидий и фракций клеток крови жидкостью Буэна и 4 % параформальдегидом. В ходе работы использовали непрямую иммуногистохимическую окраску. Для морфологических наблюдений и выявления морулярных клеток проводили окрашивание гематоксилином и эозином.

На препаратах фракций клеток крови асцидии *Styela rustica*, разделенных в плотностном градиенте, было показано избирательное взаимодействие антител с морулярными клетками. На срезах нескольких видов асцидий (*Styela rustica*, *Styela coriacea*, *Molgula citrina*, *Boltenia echinata*), зафиксированных жидкостью Буэна, выявлено связывание антител с морулярными клетками в тунике и в полости тела. Антитела к белку р48 специфически окрашивают и материал туники у всех исследованных видов асцидий. У *Boltenia echinata* с антителами взаимодействовали также тестальные клетки, окружающие ооцит. У других исследованных видов такое взаимодействие наблюдалось лишь в отдельных тестальных клетках. При фиксации материала формальдегидом происходит взаимодействие морулярных клеток с антителами, но выражено оно значительно слабее. Возможно, при данном способе фиксации антигенные детерминанты доступны в меньшей степени.

Полученные антитела позволяют продолжить исследование участия морулярных и тестальных клеток в формировании туники асцидий. Результаты подтверждают гипотезу об участии белка р48, синтезируемого морулярными клетками крови, в образовании внеклеточного матрикса туники. Поскольку такие результаты получены для нескольких видов асцидий, можно предполагать наличие сходных (консервативных) механизмов формирования туники в пределах данной группы животных.

*Проект выполняется при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-04-06008.*

# РАКООБРАЗНЫЕ РОДА *DAPHNIA* O. F. MUELLER, 1785 (CRUSTACEA: CLADOCERA) В ГРАДИЕНТЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ АРКТИЧЕСКИХ ЭФЕМЕРНЫХ ВОДОЕМОВ

Тютюнник В. В.<sup>1</sup>, Стогов И. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> СПбГУ, кафедра прикладной экологии

<sup>2</sup> СПбГУ, кафедра ихтиологии и гидробиологии

## CLADOCERAN OF GENUS *DAPHNIA* O. F. MUELLER, 1785 (CRUSTACEA: CLADOCERA) IN A GRADIENT OF PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF THE ENVIRONMENT IN THE ARCTIC EPHEMERAL RESERVOIRS

Tyutyunnik V.<sup>1</sup>, Stogov I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University, Department of Applied Ecology

<sup>2</sup> Saint Petersburg State University, Department of Ichthyology and Hydrobiology

В ходе комплексных гидробиологических исследований, проводимых специалистами кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ на УНБ «Беломорская» (ранее МБС СПбГУ) с 1990 г. (Стогов и др., 1992; 2010), были исследованы экосистемы 55 наскальных ванн, расположенных на 13 островах Керетского архипелага Белого моря. Как нами уже было отмечено ранее (Тютюнник, Стогов, 2017) ракообразные рода *Daphnia* являются характерным компонентом биоты пресноводных наскальных ванн побережья Балтийского, Баренцева и Белого морей, нередко доминируя в составе зоопланкто-ассоциаций.

В таблице 1 приведены некоторые физико-химические характеристики наскальных ванн, в которых были отмечены ракообразные рода *Daphnia*. Интересно, что типично озерные *D. longispina* обычно присутствуют в наиболее крупных и закисленных наскальных ваннах, в то время как характерные для прудового планктона *D. magna* и *D. pulex* населяют небольшие ванны с рН около 6,4. При этом водоемы, где отмечены последние 2 вида, характеризуются существенными различиями в концентрации общего фосфора.

В таблице 2 приведены популяционные характеристики дафний: наиболее многочисленные (230 экз/л) ракообразные *D. magna* отличались и наибольшими размерами (более 2 мм), плодовитость у всех трех видов различалась недостоверно.

**Таблица 1. Физико-химические характеристики наскальных ванн Керетского архипелага Белого моря, в которых отмечены ракообразные рода *Daphnia*. Достоверность различий доказана с помощью однофакторного дисперсионного анализа, уровень значимости менее 0,05**

Организмы	Площадь, кв. м	Глубина, см	Высота над у. м., м	Температура, °С	рН	Фосфор общ, мкг/л
<i>D. pulex</i>	6,9 ± 2,9	21,5 ± 2,8	5,7 ± 0,6	14,8 ± 0,4	6,41 ± 0,16	62,3 ± 10,1
<i>D. longispina</i>	16,0 ± 5,6	29,4 ± 3,2	7,0 ± 0,7	14,1 ± 0,2	5,68 ± 0,21	89,6 ± 10,9
<i>D. magna</i>	9,1 ± 3,4	24,5 ± 2,4	6,1 ± 0,6	14,8 ± 0,3	6,39 ± 0,16	109,0 ± 14,4
Достоверность различий	< 0,05	–	–	–	< 0,05	< 0,05

**Таблица 2. Популяционные характеристики ракообразных рода *Daphnia* в наскальных ваннах Керетского архипелага Белого моря. Достоверность различий доказана с помощью однофакторного дисперсионного анализа, уровень значимости менее 0,05**

Организмы	Размеры, мм	Плодовитость, шт	Численность, экз/л
<i>D. pulex</i>	1,21 ± 0,26	2,2 ± 0,6	19,1 ± 6,1
<i>D. longispina</i>	1,02 ± 0,20	2,0 ± 0,3	10,5 ± 5,0
<i>D. magna</i>	2,24 ± 0,36	3,9 ± 2,4	230 ± 98,5
Достоверность различий	< 0,05	–	< 0,05

Таким образом, отмеченная неравномерность распределения дафний в наскальных ваннах Керетского архипелага Белого моря (рис. 1–2), позволяет заключить, что наиболее крупные и многочисленные рачки *D. magna* предпочитают водоемы с высокими величинами концентрации фосфора и рН воды.



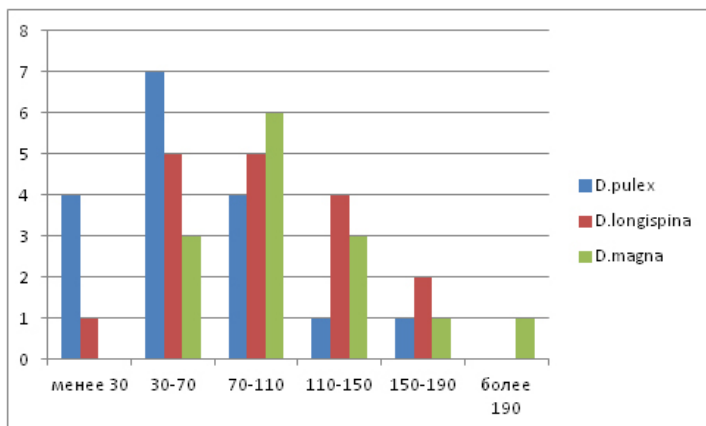


Рис. 1. Встречаемость ракообразных рода *Daphnia* в наскальных ваннах Керетского архипелага Белого моря. По оси абсцисс — концентрация общего фосфора (мкг/л); по оси ординат — количество водоемов, в которых отмечены дафнии

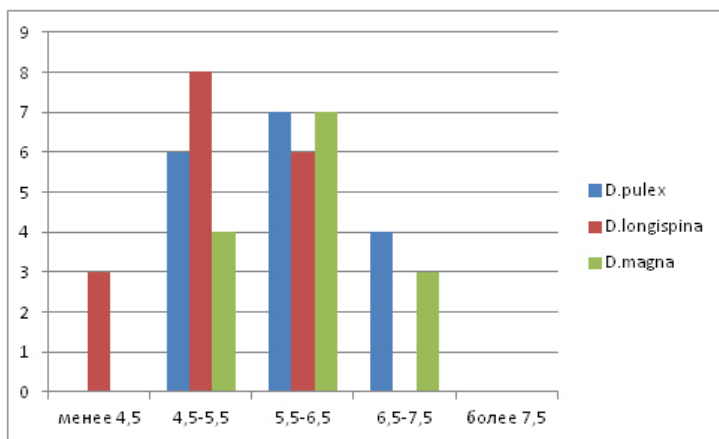


Рис. 2. Встречаемость ракообразных рода *Daphnia* в наскальных ваннах Керетского архипелага Белого моря. По оси абсцисс — величины pH воды; по оси ординат — количество водоемов, в которых отмечены дафнии

## ВОЗМОЖНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИ МОНИТОРИНГЕ СООБЩЕСТВ МАКРОБЕНТОСА МЯГКИХ ГРУНТОВ ОСУШНОЙ ЗОНЫ БЕЛОГО МОРЯ

*Филиппова Н. А.<sup>1</sup>, Козин В. В.<sup>2</sup>,  
Никишина Д. В.<sup>1</sup>, Максимович Н. В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>СПбГУ, кафедра ихтиологии и гидробиологии

<sup>2</sup>СПбГУ, кафедра эмбриологии

## CAPABILITY OF CLASSIFICATION IN MONITORING OF SOFT BOTTOM MACROBENTHIC COMMUNITIES IN THE TIDAL ZONE OF THE WHITE SEA

*Filippova N. A.<sup>1</sup>, Kozin V. V.<sup>2</sup>,  
Nikishina D. V.<sup>1</sup>, Maximovich N. V.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Saint Petersburg State University,  
Department of Ichthyology and Hydrobiology

<sup>2</sup>Saint Petersburg State University,  
Department of Embryology

Картирование биотопов с выделением сообществ макробентоса можно отнести к типичным задачам гидробиологического мониторинга. Очевидно, что методическая состоятельность мониторинга напрямую связана с достижением объективности выборочных оценок показателей состава и обилия гидробионтов. Идея данной работы — оценить вариацию результатов картирования биотопов по показателям состава и обилия организмов макробентоса при регулируемом режиме пробоотбора. Материал собран в окрестностях Учебно-научной базы «Беломорская» (Морская биологическая станция) СПбГУ в устье губы Чупа Кандалакшского залива (Белое море) на трёх литоральных пляжах с мягкими грунтами в 2008–2013 гг. Сравнительный анализ описаний сообществ осуществлен путем проведения повторных классификаций при уменьшении числа проб, учтённых при создании описаний станций, а также с использованием различных способов стандартизации и трансформации исходных данных. Объем выборки, начиная с которого (и выше) результат классификации описаний переставал отличаться от эталона (варианта группировки описаний по 10 пробам) считали достаточным для получения надежных (несмещаемых) представлений о гетерогенности сообществ. Анализ факторов, влияющих на требования к режиму пробоотбора, проводили с помощью корреляционного анализа.

В результате исследования было показано, что в качестве рекомендации по объему выборок в практике мониторинга сообществ осушной зоны можно назвать следующие положения:

- При классификации описаний станций различных участков, полученных в один сезон, для надежного выделения группировок достаточно 5 проб; при классификации описаний станций одного участка, полученных в разные годы, для надежного выделения групп станций требуется выборка не менее 10 проб; это связано с тем, что даже при наличии межгодовых смещений в структуре сообществ, сходство станций одного участка всегда будет выше, чем сходство станций разных участков, и, соответственно, отдельные группировки станций внутри одного участка выделяются сложнее.
- Надежность выделения группировок, полученных при помощи кластерного анализа, определяется в первую очередь относительным уровнем сходства описаний, входящих в группировки, по отношению к сходству всех описаний. Так, при использовании трансформированных корней четвертой степени показателей обилия или данных о видовом составе макробентоса, для достижения надежного результата при выделении группировок по пяти — шести пробам необходимо, чтобы относительный уровень сходства составлял не более 60 %, а при использовании ранжированных показателей обилия макробентоса это значение не должно превышать 40 %.
- Нельзя отдавать предпочтение какому-либо одному типу данных (численность, биомасса, видовой состав), либо методу трансформации или стандартизации данных. Выбор метода обработки данных зависит от задач исследования, и выбор показателя обилия при описании структуры сообщества (численность или биомасса) при этом не влияет на надежность результата. Однако можно отметить, что при использовании трансформированных показателей обилия организмов макробентоса с помощью корня четвертой степени, результаты классификации совпадают с таковыми при использовании видового состава (в случае сравнения описаний, полученных в один сезон).

*Проект выполняется при поддержке гранта РФФИ № 16-34-00216 мол\_а. Исследование выполнено с использованием ресурсов Учебно-научной базы «Беломорская» Санкт-Петербургского государственного университета.*

## СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВА *ZOSTERA MARINA* В БЕЛОМ МОРЕ

Фисак Е. М.<sup>1</sup>, Молькова М. Е.<sup>1</sup>, Никишина Д. В.<sup>1</sup>,  
Шунатова Н. Н.<sup>2</sup>, Иванова Т. С.<sup>1</sup>, Иванов М. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> СПбГУ, кафедра ихтиологии и гидробиологии

<sup>2</sup> СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

## SEASONAL DYNAMICS OF *ZOSTERA MARINA* ASSEMBLAGE IN THE WHITE SEA

Fisak E. M.<sup>1</sup>, Molkova M. E.<sup>1</sup>, Nikishina D. V.<sup>1</sup>,  
Shunatova N. N.<sup>2</sup>, Ivanova T. S.<sup>1</sup>, Ivanov M. V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University,  
Department of ichthyology and hydrobiology

<sup>2</sup> Saint Petersburg State University,  
Department of Invertebrate Zoology

Сообщества с видами-эдификаторами, которые являются первичными продуцентами, давно привлекают внимание исследователей, и один из вариантов таких сообществ ассоциирован с высшим растением *Zostera marina*. Несмотря на то, что литоральные сообщества такого типа наиболее доступны для изучения, данные о сезонной динамике как вида-эдификатора, так и сообщества макрозообентоса, ассоциированного с ним, практически отсутствуют. Восполнению этого пробела и посвящена данная работа.

Материал собирали на 3 станциях в окрестностях УНБ «Беломорская» СПбГУ в кутовой части пролива Сухая Салма. Станции выбирали исходя из визуальной оценки обилия морской травы *Z. marina*: станция № 0 — густые заросли, станция № 1 — средние заросли, станция № 2 — контроль, растения отсутствуют. Пробы собирали в сентябре 2016 г. и в январе, марте, июне, июле, августе и сентябре 2017 г. На каждой станции отбирали 5 проб площадью 1/20 м<sup>2</sup> для оценки обилия *Z. marina* (учитывали количество проростков, надземную и подземную биомассу) и крупного (> 3 мм) макрозообентоса, а также 5 проб площадью 1/182 м<sup>2</sup> для оценки обилия мелких и массовых форм макрозообентоса.

Все показатели обилия *Z. marina* демонстрируют четкую сезонную динамику, минимальные их значения приходится на зимний период. Наибольшую вариабельность демонстрирует такой показатель как биомасса надземных частей zostеры — она возрастает в те-

чение лета и достигает максимума к концу вегетации, превышая при этом в 3–5 раз значения этого параметра в зимний период. При сопоставлении значений этого показателя для станций с разной плотностью вида-эдификатора достоверных отличий в зимний период не выявлено ( $16 \pm 2,6$  г сух. в-ва/м<sup>2</sup>), однако на станции № 0 вегетация идёт интенсивнее и к её концу биомасса надземных частей zostеры превышает таковую на станции № 1 в 1,5–2 раза ( $106 \pm 12$  и  $66 \pm 6$  г сух. в-ва/м<sup>2</sup> соответственно). Количество ростков демонстрирует аналогичные сезонные колебания, более выражены они на станции № 0 (минимум 220–300, максимум 640–860 проростков на м<sup>2</sup>). Биомасса подземных частей *Z. marina* наименее вариабельна ( $60$ – $180$  г сух. в-ва/м<sup>2</sup>), достоверные сезонные отличия практически не выражены, за исключением значимого снижения этого показателя к концу вегетационного сезона 2017 г., что, вероятно, связано с аномально холодным летом. На станции № 0 отмечены максимальные колебания обилия zostеры в течение года; кроме того, в период максимальной вегетации биомасса надземных частей zostеры значительно превышает таковую у подземных, такая особенность не характерна для остальных периодов и станций.

Всего было отмечено 34 таксона макрозообентоса, ассоциированного с *Z. marina*. Видовое разнообразие на станциях не имеет выраженной сезонной динамики. Максимальное количество видов зарегистрировано на станции № 0 (20–25 видов), а минимальное для станции № 2 (10–16 видов). Интересно, что на станциях с zostерой минимум числа видов приходится на июнь, а без zostеры на период с января по март. Обилие макрозообентоса закономерно увеличивается в летний сезон; это хорошо прослеживается по численности, но не столь выражено для такого показателя как биомасса. Максимальные значения показателей обилия макрозообентоса отмечены для станции № 0; выделены таксоны, тяготеющие к зарослям zostеры: *Chironomus* sp., Gammaridae, *Asterias rubens*, *Halycryptus spinulosus*, *Holocladius* sp., Nemertini, *Phyllodoce mucosa*, *Scoloplos armiger*, Tabanidae, *Terebellides stroemi*. Брюхоногий моллюск *Hydrobia ulva* в основном встречается на станции без zostеры.

*Исследование выполнено с использованием ресурсов Учебно-научной базы «Беломорская» Санкт-Петербургского государственного университета.*

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭФИР В ПРОЦЕССЕ ПОЛИДИСКОВОЙ СТРОБИЛЯЦИИ *AURELIA AURITA* (CNIDARIA: SCYPHOZOA)

Хабибулина В. Р.<sup>1</sup>, Зайнуллина Б. Р.<sup>1</sup>, Согомонян К. С.<sup>1</sup>,  
Кремнев Г. А.<sup>1</sup>, Старунов В. В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>СПбГУ, кафедра зоологии беспозвоночных

<sup>2</sup>Зоологический институт РАН

## FEATURES OF EPHYRAE FORMATION DURING THE PROCESS OF POLYDISK STROBILATION IN *AURELIA AURITA* (CNIDARIA: SCYPHOZOA)

Khajibulina V.<sup>1</sup>, Zainullina Z.<sup>1</sup>, Sogomonyan K.<sup>1</sup>,  
Kremnev G.<sup>1</sup>, Starunov V.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State University,  
Department of Invertebrate Zoology

<sup>2</sup> Zoological Institute RAS

Для представителей группы Scyphozoa характерен метагенетический жизненный цикл с регулярным чередованием полипоидной и медузоидной стадий. Переход от полипа, называемого сцифистой, к медузе происходит посредством особого типа бесполого размножения — стробилиации. В ходе полидискковой стробилиации у *Aurelia aurita* (Cnidaria: Scyphozoa) сцифиста увеличивается в длину и образует от 5 до 20 складок, параллельных плоскости орального диска, каждая из которых формирует молодую медузу — эфир. Образование, рост и отделение эфир описаны на основе визуальных прижизненных наблюдений, однако детали этого процесса до сих пор слабо изучены.

Наблюдения за стробилиацией *A. aurita* в лабораторных условиях, а также 3D-реконструкции, выполненные на базе серий продольных и поперечных гистологических срезов, позволили уточнить некоторые особенности формирования эфир. Расположенная дистально эфира закладывается в стробиле первой и полностью образуется из орального диска полипа, включая щупальца. Часть щупалец при этом резорбируется, в то время как оставшиеся впоследствии, вероятно, участвуют в образовании ропалиев. Четырехчастный ротовой хоботок сцифистомы преобразуется в четыре ротовые лопасти эфиры. Ропалии и ротовые лопасти всех последующих эфиры образуются *de novo*. Эпидермис и гастродермис эфиры формируется напрямую

из гастродермального и эпидермального эпителия сцифистомы. Участки септ полипа сохраняются по всей длине стробилы и, по-видимому, участвуют в образовании желудочных карманов эфир. Процесс формирования эфир не затрагивает нижнюю часть тела полипа, и после окончания стробилиации сцифистома восстанавливается до нормального размера. При этом рост новых щупалец начинается еще до окончательного отделения всех эфир. Полностью сформированные эфир некоторое время удерживаются в составе единой стробилы за счет соединения эксубмбреллярного эпителия более ранней эфир с эпителием ротовых лопастей последующей эфир.

Полученные данные позволяют предположить, что основные этапы процесса стробилиации у *Aurelia aurita* схожи с таковыми у других изученных представителей сцифоидных. Однако в связи с отсутствием сравнительных гистологических данных по другим видам на сегодняшний день сложно сделать вывод о том, являются ли описанные особенности формирования эфир общими для всей группы Scyphozoa или же они уникальны именно для *A. aurita*.

*Работа выполнена с использованием оборудования РЦ СПбГУ «Развитие Молекулярных и Клеточных Технологий» и «Культивирование микроорганизмов».*

## ИЗУЧЕНИЕ КЛЕТОЧНОЙ ПРОЛИФЕРАЦИИ В ЛАРВАЛЬНОМ РАЗВИТИИ БЕЛОМОРСКОЙ ПОЛИХЕТЫ *ALITTA VIRENS* (ANNELIDA)

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

СПбГУ, кафедра эмбриологии

## CELL PROLIFERATION PATTERNS IN LARVAL DEVELOPMENT OF THE WHITE SEA POLYCHAETE *ALITTA VIRENS* (ANNELIDA)

*Shalaeva A., Kostyuchenko R., Kozin V.*

Saint Petersburg State University,

Department of Embryology

Ларвальный период онтогенеза имеет большое значение в биологии морских организмов. Первичные планктонные личинки с ресничной локомоцией признаются эволюционно древней чертой всех Metazoa. Эти неполовозрелые формы выполняют важную расселительную функцию и тем самым определяют адаптивный потенциал, особенно у малоподвижных животных. Для полихет характерно потрясающее разнообразие личиночных стадий: их морфологии, образа жизни и продолжительности. Как у планктотрофных, так и у лецитотрофных личинок полихет наблюдается накопление большого числа линия-специфичных признаков. Практически всегда личинки трохофорного типа претерпевают кардинальные изменения организации в ходе метаморфоза. Клеточные аспекты данного процесса, такие как характер пролиферации и преимственность личиночных тканей, морфогенезы ларвальных и дефинитивных структур, остаются для полихет совершенно неисследованными на современном методическом уровне. Раскрытие обозначенных вопросов принципиально важно для понимания механизмов адаптивной радиации морских животных и эволюционной истории каждого типа личинок. Целью нашей работы стало изучение клеточного материала, участвующего в построении ларвальных сегментов у беломорской эррантной полихеты *Alitta virens*.

Для анализа клеточной пролиферации производили инкубацию личинок в растворе аналога тимидина EdU, после чего животных фиксировали и выявляли меченый предшественник ДНК с помощью click-реакции, а также иммунореактивность к фосфогистону H3, который является маркером митоза. С использованием DAPI



были окрашены ядра, что позволило произвести относительный количественный учет меченых клеток. Визуализацию проводили на конфокальном микроскопе, после чего были опробованы алгоритмы подсчета метки в программах ImageJ, CellProfiler, Bitplane Imaris.

Анализ полученных изображений показал быстро меняющуюся картину на протяжении всего личиночного периода развития. На стадии ранней метатрохофоры было отмечено более равномерное распределение клеток в S-фазе и митозе с преобладанием метки в покровных тканях вентральной стороны тела. Индекс меченых ядер у ранних метатрохофор составил около 30 %, митотический индекс не превышал 5 %. На последующих стадиях развития оба показателя уменьшились примерно в 2–3 раза. Область пигидия наиболее ярко выделяется на фоне остального тела личинки за счет относительно количества меченых клеток. Так, у нектохет в зоне пигидия митотический индекс примерно в два раза выше, чем в остальном теле, а индекс меченых ядер достигает 50 %. Очевидно, что высокие значения индекса отражают активную пролиферацию материала новых постларвальных сегментов.

Таким образом, можно говорить о существовании зон с повышенной интенсивностью клеточных делений, обуславливающих формообразовательные процессы, и по-разному соотносящихся с ними во времени. Например, если рост латеральных участков простомиума, нейроэктодермы и пароподий постоянно сопровождается локальной наработкой клеточного материала, то подобная связь существует лишь на начальных этапах развития стомодеума, пигидиальных лопастей и цирр. Установленная картина также свидетельствует об отсутствии зоны роста у ранних личинок и о принципиальном различии в формировании ларвальных и постларвальных сегментов.

*Проект выполнен при поддержке РФФ (17-14-01089) с использованием оборудования РЦ РМиКТ и РЦ ММ СПбГУ.*

## ТАКСОНОМИЯ ПОЛИХЕТ РОДА *Eteone* (PHYLLODOCIDAE, ANNELIDA) БЕЛОГО МОРЯ

Эверетт М. У.

МГУ, биологический факультет,  
кафедра зоологии беспозвоночных

## POLYCHAETA'S TAXONOMY OF THE GENUS *Eteone* (PHYLLODOCIDAE, ANNELIDA) IN THE WHITE SEA

Everett M.

Moscow State University, biological faculty,  
Department of Invertebrate Zoology

Полихеты рода *Eteone* Savigny, 1820 (Phyllodocidae) — обычные члены бентосных сообществ литорали и сублиторали северных морей. До сих пор эта группа остаётся «проблемной» и нуждается в детальной ревизии, поскольку небольшое количество внешних морфологических признаков весьма затрудняет определение ее представителей до ранга вида. Род *Eteone* выделяют на основании таких признаков, как наличие четырёх головных щупалец на переднем крае простомиума, щетинок и невроподии на втором сегменте, а также отсутствия папилл на глотке. В данное исследование не включали полихет из родов *Mysta*, Malmgren, 1865 и *Hypereteone*, Bergstrom, 1914, которые раньше входили в род *Eteone*.

В настоящее время в арктических морях известно около 15 видов этого рода, а в Белом море, традиционно, выделяют два: *E. flava* и *E. longa*.

Однако, в ходе наших исследований в Великой Салме (Кандалакшский залив, Белое море), было выявлено 5 морфологических групп, которые различаются по форме простомиума, форме параподий, спинных и брюшных усиков и строению глотки. Молекулярно-генетический анализ по генам CO1, 16S, 18S, 28S и H3 выявил как минимум 5 клад, которые соответствуют подразделению на группы, выделенные на основании морфологических признаков. Это, что свидетельствует о том, что в Белом море обитает больше видов, чем ранее заявлено.

На основании полученных результатов мы выделяем 3 достоверных вида *E. flava*, *E. longa*, *E. spetsbergensis*. Кроме того, две оставшиеся группы по морфологическим признакам соответствуют видам *E. japonensis* и *E. suecica*, известные ареалы распространения которых, однако, не охватывают Белое море.

## ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОХАЛИННОГО РЕЖИМА ВОД ПРОЛИВА СРЕДНЯЯ САЛМА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

*Яковлева Д. А., Фролова А. В.*

СПбГУ, кафедра океанологии

## THERMOHALINE PATTERNS IN THE SREDNIAIA SALMA STRAIT WATERS DURING SUMMER

*Iakovleva D. A., Frolova A. V.*

Saint Petersburg State University,  
Department of Oceanology

На протяжении ряда лет в начале лета (июнь) в проливе Средняя Салма проводились измерения температуры и солёности воды. На основе анализа этих данных были выявлены характерные особенности термохалинного режима для начала летнего периода.

Данные разных лет (материалы измерений на суточных станциях в Средней Салме за июнь 2011, 2012 и 2017 гг.) демонстрируют схожие черты временного хода и распределения солёности. Например, на всех графиках поверхностный слой толщиной около 1–1,5 м хорошо распреснён, и его солёность не превышает 10 psu. Это происходит благодаря поступлению вод с речным стоком (р. Кереть). Также все данные указывают на наличие в июне устойчивой стратификации, а солёность глубинных вод достигает 28–29 psu. Благодаря приливным процессам наблюдается изменения солёности во время прилива (увеличение) и отлива (уменьшение). По солёности водную толщу можно разделить на три слоя: поверхностный, слой скачка солёности и глубинный. Вертикальные профили солёности практически идентичны, хотя можно отметить незначительное изменение толщины слоя скачка солёности. На основании полученных данных можно заключить, что поле солёности в проливе Средняя Салма формируется главным образом за счёт взаимодействия речного стока и приливов.

В отличие от солёности, в температурном режиме пролива наблюдаются более значительные различия. На суточных станциях в 2011 и 2012 г. поверхностный слой (1–2 м) в июне прогревается до 16,5 °С и в среднем за сутки температура опускается не ниже 14 °С. В июне 2017 г. в поверхностном слое температура достигает только 13 °С лишь после полудня (с 14:00, результат дневного прогрева),

но за сутки может опуститься до 10 °С. То есть, в поверхностном слое в разные годы средняя температура колеблется в диапазоне 3,5 °С. Во все годы наблюдений видны заглублиения изотерм в фазу прилива на 2–3 метра, которые выражены до глубин 10 м, что связано с влиянием приливной адвекции. Наиболее прогретый глубинный слой (воды до 10 м) отмечался в 2012 г., температура которого достигала 8,5 °С. Тогда как в 2011 и 2017 гг. на этой же глубине температура вод понижается до 4,5–5 °С. Такая термика вод пролива Средняя Салма может объясняться не только различными погодными условиями в июне (наиболее важны продолжительность солнечного сияния и распределение солнечной радиации), но и временем наступления самого летнего сезона в этом районе Белого моря (раннее или позднее лето).