



**XIV ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
"ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ,
РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
И ОХРАНЫ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
БЕЛОГО МОРЯ"**

**ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, РОССИЯ
4 – 7 октября 2022 года**

СБОРНИК ТЕЗИСОВ



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ЗИН РАН)**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ, Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, УНИВЕРСИТЕТСКАЯ НАБЕРЕЖНАЯ, Д. 1

XIV ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

«ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ, РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ РЕСУРСОВ БЕЛОГО МОРЯ»

4-7 октября 2022 г.

ОРГКОМИТЕТ

К.б.н. А. А. Сухотин, Беломорская биологическая станция ЗИН РАН – Председатель Оргкомитета
К.б.н. Д. М. Мартынова, Беломорская биологическая станция ЗИН РАН – Ответственный секретарь
Д.б.н. А. Д. Наумов, Беломорская биологическая станция ЗИН РАН
К.б.н. Д. А. Аристов, Беломорская биологическая станция ЗИН РАН
К.б.н. Н. В. Алексеева Беломорская биологическая станция ЗИН РАН
А. А. Ковалёв, Беломорская биологическая станция ЗИН РАН
П. А. Манойлина, Беломорская биологическая станция ЗИН РАН
Е. В. Рыбкина, Беломорская биологическая станция ЗИН РАН

<http://wsconference.org/>
wsconf2022@gmail.com

Спонсор конференции:
Компания e-legion

e•legion

<https://e-legion.ru/>

Содержание

Алексеева Н.В. Ультраструктура половой дивертикулы и вителлогенез у пикногонид <i>Phoxichilidium femoratum</i> (Arthropoda: Chelicerata)	6
Аристов Д.А., Полоскин А.В. Распределение <i>Ecrobia ventrosa</i> в вершине Кандалакшского залива Белого моря.....	7
Артемьев С.Н. Некоторые особенности распределения и оценка сообществ сублиторального макрозообентоса Двинского залива Белого моря	8
Бахмет И.Н., Екимов Д.А. Сердечная активность мидий (<i>Mytilus edulis</i> Linnaeus) в условиях средней и нижней литорали	9
Богданов Е.А., Вишняков А.Э., Островский А.Н. Симбиотическая триада: мшанки-бактерии-вирусы	10
Бородин Н.А., Белоконь М.Е., Хабибулина В.Р., Мелехин М.С. Эпибионт гидроидных полипов из подкласса Suctoriora <i>Ophryodendron abietinum</i> : что мы о нем знаем?	11
Ворцепнева Е.В., Кантор Ю.И. Закономерности формирования глоточного вооружения брюхоногих моллюсков	12
Гарлицкая Л.А., Азовский А.И. Стабильность среды и долгосрочная изменчивость сообщества гарпактикоидных копепод	13
Герасимова А.В., Максимович Н.В., Филиппова Н.А. Создание модельных представлений о динамике структуры поселений массовых видов беломорских Bivalvia	14
Голикова Е.А., Челкак А.Д., Аристов Д.А., Корсун С.А. Сезонная динамика литоральных фораминифер в окрестностях мыса Картеш Кандалакшского залива Белого моря	15
Гордеева Н.В. Генетическая демография горбуши, вселенной в бассейн Белого моря, и возможные перспективы расширения ареала	16
Даугавет М.А., Шапошникова Т.Г., Шабельников С.В., Подгорная О.И. Горизонтальный перенос генов на примере беломорской асцидии <i>Styela rustica</i>	17
Дьячкова Т.Ю., Сергиенко Л.А. Влияние физико-химических параметров приморских биотопов на биоморфологию доминантного галофита <i>Plantago maritima</i> L.	18
Еньшина И.К., Крупенко Д.Ю., Кремнев Г.А., Шунатова Н.Н., Миролюбов А.А. Микроанатомия эндопаразитической копеподы <i>Nucellicola</i> sp. nov. (Copepoda: Chitonophilidae)	19
Заботин Я.И. Ультраструктура сперматозоидов двух видов пролецитофор (Plathelminthes, Prolecithophora)	20
Иванов М.В., Генельт-Яновская А.С., Генельт-Яновский Е.А., Иванова Т.С., Лайус Д.Л. Пространственное распределение и питание девятииглой колюшки Белого моря	21
Ковалев А.А., Соколова И.М., Сухотин А.А. Органический компонент осмолитов у двух криптических видов мидий рода <i>Mytilus</i> в условиях пониженной солености	22
Кокуркина Ю.А., Ежова О.В. Грибы, ассоциированные с полухордовым кишечнорышачим <i>Saccoglossus mereschkowskii</i> (Wagner, 1885) из Белого моря	23
Колбасов Г.А., Савченко А.С. Внешняя морфология циприсовидных личинок <i>Facetotecta</i> и определение границ их таксонов	24
Костюченко Р.П., Амосов А.А., Щербань А.М. Экспрессия генов половых и мультипотентных клеток в развитии аннелид.....	25

Кочнева А.А., Смирнов Л.П., Ефремов Д.А., Суховская И.В. Динамика концентрации белка и ферментов антиоксидантной системы в тканях девятииглой колюшки <i>Pungitius pungitius</i> L. бассейна Белого моря при изменении солености воды	26
Краснова Е.Д., Лабунская Е.А., Лобышев В.И., Воронов Д.А. Новые данные о беломорских прибрежных водоемах, отделяющихся от Белого моря	27
Крупенко Д.Ю., Князева О.В., Крапивин В.А., Урядова А.А., Гончар А.Г., Кремнев Г.А. Трематоды в сублиторальных сообществах Белого моря	28
Лисова Е.Д., Ворцепнева Е.В. Модели для изучения спикүлогенеза Doridina на примере <i>Onchidoris muricata</i> (O.F.Müller, 1776)	29
Максимович Н.В., Тимофеева М.А., Герасимова А.В., Филиппова Н.А. Об организации сообществ макробентоса сублиторали губы Чупа Белого моря: многолетний аспект	30
Малавенда С.С., Гоглев М.Н. Взаимодействие мидий с бурыми и зелеными водорослями в экспериментальных условиях	31
Манойлина П.А., Халаман В.В. Взаимоотношения между аллогенными и изогенными особями <i>Halichondria panicea</i> (Pallas, 1766)	32
Мартынова Д.М., Иванова Н.Ю., Кони́на Т.Н. Коллекции беломорского планктона в Зоологическом институте Российской академии наук	33
Маховиков А.Д., Смагин Р.Е. Изменчивость термохалинного режима в проливе Глубокая Салма (Белое море)	34
Михайлова Т.А. Арктический эндемик <i>Laminaria solidungula</i> в Белом море	35
Михлина А.Л., Йоргер К.М., Екимова И.А. Знакомые незнакомцы: об интерстициальных брюхоногих моллюсках в Белом море	36
Мосеев Д.С., Махнович Н.М., Сергиенко Л.А. Продуктивность в сообществах приморской растительности Белого моря на Онежском полуострове	37
Наумов А.Д. Статистический анализ уловов беломорской сельди с 1910 по 2010 г.	38
Парухина Л.В., Фролов С.Б., Фукс Г.В. Личинки сельди <i>Clupea pallasii marisalbi</i> Berg в прибрежной части Двинского залива Белого моря	39
Паскерева Г.Г., Кудрявкина А.И., Миролюбова Т.С., Симдянов Т.Г. Бластогрегарины Белого моря	40
Петухова О.А., Шарлаимова Н.С., Шабельников С.В., Бобков Д.Е., Быстрова О.А., Мартынова М.Г. Морская звезда <i>Asterias rubens</i> как модель исследования клеточных и молекулярных процессов поддержания гомеостаза	41
Полоскин А.В., Аристов Д.А., Гаврилова Е.О., Котельникова В.С., Хайтов В.М. Научный архив Лаборатории экологии морского бентоса и гидробиологии: более полувека игры всерьез	42
Полякова Н.В., Генельт-Яновская А.С., Иванова Т.С., Иванов М.В., Лайус Д.Л. Зоопланктон как кормовая база трехиглой колюшки в пелагических участках Кандалакшского залива Белого моря	43
Портнова Д.А., Гарлицкая Л.А., Есаулов А.С., Мазей Ю.А. Влияние освещенности на мейобентос литорали	44
Прокофьев В.В. Влияние колебаний температуры и pH воды на двигательную активность церкарий трематод	45
Прудковский А.А., Кремнев С.В. Генетические корреляции редукции медузоидной стадии у гидроидов <i>Sarsia lovenii</i> (Hydrozoa: Corynidae) выявленные при сравнительном анализе генетической экспрессии	46

Романенко Ф.А., Луговой Н.Н. Антропогенная деятельность как фактор дифференциации рельефа побережья Западного Беломорья	47
Рыбкина Е.В. Распределение эктопаразитов на теле трехиглой колюшки <i>Gasterosteus aculeatus</i> из Кандалакшского и Онежского заливов Белого моря	48
Сажин А.Ф., Романова Н.Д., Мошаров С.А., Пастернак А.Ф., Дриц А.В. Планктонное сообщество Белого моря перед ледоставом: структура, трофические связи, оценка продуктивности	49
Семушин А.В., Фролов С.Б. Биологические ресурсы Белого моря, проблемы и перспективы рыболовства	50
Сергиенко Л.А., Мосеев Д.С. Флористический комплекс берегов Белого моря: состав, экология, особенности распределения	51
Серова К.М., Беликова Е.В., Котенко О.Н., Вишняков А.Е., Богданов Е.А., Зайцева О.В., Шунатова Н.Н., Островский А.Н. Редукция, перегруппировка, слияние и гипертрофия: эволюция мышечной системы у полиморфных зооидов хейлостомных мшанок.....	52
Сухих Н.М., Фефилова Е.Б. <i>Eurytemora gracilicauda</i> Akatova, 1949 – новый вид на литорали Белого моря	53
Усов Н.В., Мартынова Д.М., Хайтов В.М. Как делить нишу: эврибионты <i>Oithona similis</i> и <i>Microsetella norvegica</i> в Белом море	54
Федоров Д.Д., Ковалев А.А., Николаев К.Е. Влияют ли метацеркарии <i>Himasthla elongata</i> (Himasthlidae) на силу прикрепления мидий <i>Mytilus edulis</i> ?	55
Феклова Т.Ю. Русская Лапландия в исследованиях ученых Академии наук (К.М. Бэр, А.И. Шренк) в первой половине XIX в.	56
Филатов Н.Н., Меншуткин В.В., Дружинин П.В. Системные исследования динамики сложной социо-эколого-экономической системы «Белое море и водосбор»	57
Филиппова Н.А., Герасимова А.В., Максимович Н.В. Организация сообществ макробентоса мягких грунтов губы Чупа Белого моря: многолетний аспект	58
Фукс Г.В. Возможность использования параметров отолита для определения возраста лиманды (<i>Limanda limanda</i>) в губе Чупа	59
Чабан Е.М., Чернева И.А. Фауна немертин Белого моря с кратким обзором истории ее изучения ..	60
Чернов И.А., Толстиков А.В. Комплексная численная модель экосистемы вод и льда Белого моря ..	61
Чернова Н.В. Потепление климата: мерланг <i>Merlangius merlangus</i> (Gadiformes: Gadidae) в Белом море... ..	62
Шапошникова Т.Г., Даугавет М.А., Добрынина М.И., Соловьева А.И., Миттенберг А., Шабельников С.В., Бабкина И., Гринченко А.В., Ильяскина Д.В., Подгорная О.И. Туфоксин – новая фенолоксидаза оболочников	63
Шерстков В.С. Современные данные по биологии азиатской корюшки эстуарной зоны реки Нюхча Онежского залива Белого моря	64
Яковлева А.И., Прудковский А.А., Ворцепнева Е.В. Ультратонкое строение эпителиев двух видов беломорских гребневиков: <i>Beroë cucumis</i> Fabricius, 1780 и <i>Bolinopsis infundibulum</i> O.F. Müller, 1776 ..	65
Smolyaninova A.R., Solovyeva A.I. Mobile elements expression study at different stages of the trematode <i>Himasthla elongata</i> life cycle	66
Козминский Е.В. Факторы, влияющие на уровень воспроизводства популяции моллюсков <i>Littorina saxatilis</i> (Gastropoda: Littorinidae)	67
Немировская И.А. Углеводородное загрязнение воды и осадков Белого моря	68

**Ультраструктура половой дивертикулы и вителлогенез у пикногонид
Phoxichilidium femoratum (Arthropoda: Chelicerata)**

Н.В. Алексеева*

Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: nina.alekseeva@zin.ru

Пикногониды – это группа первичноводных морских хелицеровых, представители которой обладают специфическим строением. Так, например, половая система самок состоит из туловищной и педальной частей. В туловищной части происходит деление первичных половых клеток. Созревание же ооцитов протекает в половых дивертикулах, которые залегают в ходных ногах прямо над кишечной дивертикулой. Гонопоры открываются на конечностях (Arnaud, Bamber, 1987). Известно, что у пикногонид ооциты относятся к солитарному типу, то есть желток формируется за счет самой клетки (Jarvis, King, 1972). Однако данный процесс описан лишь для нескольких видов морских пауков, а данные об ультраструктуре педальной части гонады фрагментарны. С помощью методов световой и просвечивающей электронной микроскопии впервые исследовано тонкое строение педальной части гонады gravidных самок *Phoxichilidium femoratum*.

Выстилка гонады на значительном протяжении многослойная, включает клетки горизонтальной септы и собственно клетки выстилки. Сократимые элементы, входящие в выстилку гонады не формируют единого слоя, располагаются разрозненно. Среди клеток выстилки встречаются клетки стебелька. Они связывают ооцит с выстилкой на протяжении всего его развития. Никакого транспорта между клетками выстилки и ооцитом обнаружено не было. В формировании ооцитов выделено несколько последовательных стадий, на протяжении которых происходит формирование вителлиновой оболочки, реорганизация содержимого клетки, накопление желтка. Все эти процессы – результат активности самого ооцита. Вителлиновая оболочка обнаружена у самого раннего ооцита. Формируется она, по всей видимости, еще в туловищной части гонады. Постепенно вителлиновая оболочка утолщается за счет увеличения прилегающего к ооциту слоя. Отмечены везикулы, располагающиеся в кортикальной цитоплазме ооцита и ассоциированные, как мы полагаем, с формированием вителлиновой оболочки.

Вителлогенез у *P. femoratum* – это длительный процесс. Первичные желточные гранулы формируются в расширенных каналах шЭПР. Они имеют вид электроноплотных структур неправильной формы. Постепенно они конденсируются и становятся вторичными желточными гранулами, имеющими правильную округлую форму.

Яйцевод соединяет дорсальной расположенную половую дивертикулу с вентральной гонопорой. Стенка яйцевода на всем протяжении имеет развитую мускулатуру, которая и обеспечивает, как мы полагаем, продвижение ооцитов к половому отверстию. Последние располагаются на втором коксальном членике каждой ходной ноги самки.

Наличие метамерно расположенных половых дивертикул, яйцеводов и гонопор отмечено в качестве характерных черт морских пауков (Dunlop, Arango, 2005). Это уникальный пример проявления метамерии у Euarthropoda. Несмотря на то, что пикногониды единодушно трактуются как очень древняя реликтовая группа, которая сохранила свой план строения еще с палеозоя (Bergström et al., 1980). Они, по всей видимости, приобрели очень много черт, которые никак нельзя трактовать как плезиоморфные для всей группы членистоногих. Как раз примером такого признака, как мы полагаем, является метамерия половой системы. Она возникла вторично в ходе дифференцировки вдоль первоначально однородной целой структуры (Beklemishev, 1964). Ее мы можем еще наблюдать у пикногонид; это и есть туловищная часть гонады.

Работа выполнена в рамках гос. задания №122031100283-9, с использованием оборудования ЦКП «Таксон» <http://www.ckp-rf.ru/ckp/3038/> (ЗИН РАН) и РЦ «Обсерватория экологической безопасности» (СПбГУ).

**Распределение *Ecrobia ventrosa* в вершине
Кандалакшского залива Белого моря**

Д.А. Аристов¹, А.В. Полоскин^{2*}

¹Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

²Эколого-биологический центр "Крестовский остров", Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: av@hydrola.ru

Со времени находки А.П. Кондратенковым (1981) в Белом море гастропод сем. Hydrobiidae, отличающихся от широко распространенной *Peringia ulvae* (Pennant, 1777), было показано, что здесь же в опресненных зонах обитает еще один вид этого же семейства – *Ecrobia ventrosa* (Montagu, 1803) (Горбушин, 1992). Считается, что, обладая устойчивостью к низким температурам и солености (Бергер, Горбушин, 2001), *E. ventrosa* занимает маргинальные местообитания в Белом море, такие как кутовые участки опресненных губ, заливные озера, супралиторальные лужи и т.п. Отличительными особенностями двух указанных видов гидробиид является форма, и, главное, окраска раковины (от рыжей до коричневой из-за окраски периостракума у *P. ulvae*, и пепельно-серая с голубым оттенком у *E. ventrosa*) (Горбушин, 1992). Надежным отличительным признаком считается форма совокупительного органа у самцов этих двух видов, оканчивающегося тупо у *P. ulvae* или жгутом у второго вида (Muus, 1963). Кроме того, для датских (Muus, 1963) и польских (Falniowski, 1987) гидробиид в качестве отличительных признаков указывается характерная пигментация передней части головы и головных щупалец. Указания на подобные отличия для гидробиид Белого моря к настоящему времени отсутствуют.

В данном исследовании мы поставили себе целью, пользуясь всей совокупностью определительных признаков гидробиид, провести инвентаризацию поселений *Ecrobia ventrosa* в вершине Кандалакшского залива (Белое море) и выявить особенности распределения этих моллюсков в данной акватории.

Материалом послужили сборы моллюсков в смешанных поселениях в 2017–2022 годах на литорали в пределах Кандалакшского заповедника и вне заповедных территорий. На каждом исследованном участке литорали моллюсков собирали качественно с поверхности грунта с неопределенной площади, либо количественно, с помощью пробоотборников различной площади. В обоих случаях грунт промывали на сите с диаметром ячеек 1 мм. Всего было проанализировано более 100 проб.

На основании анализа мы обнаружили не менее 20 поселений *E. ventrosa*; локальные, занимающие, в соответствии с классическими представлениями, заливные озера, лужи и кутовые участки опресненных губ, и значительные по протяженности поселения на открытых слабоприбойных участках литорали островов и материкового побережья (в том числе, на островах Ряжков, Большой Гульмак, Большой Медвежий, Лодейный, Куричек, Докучеиха, Большой и Малый Ломнишные). *Ecrobia ventrosa* встречалась при солености от 3‰ до 18‰. По большей части поселения *E. ventrosa* приурочены к верхним отделам литорали, в особенности, в местах выхода на дневную поверхность грунта глинистых отложений. В большинстве случаев, особенно на открытых участках литорали, *E. ventrosa* встречаются совместно с *P. ulvae* и, как правило, уступают последним в численности. Исключение составляют локальные поселения *E. ventrosa*, где данный вид доминирует.

Стоит отметить, что признак окраски головных щупалец оказался крайне удачным для идентификации *E. ventrosa*, так как в некоторых местообитаниях обнаруживаются моллюски этого вида с характерным коричневым периостракумом, что делает их отличие от *P. ulvae* лишь по конхиологическим признакам затруднительным.

Таким образом, данное исследование расширило представление об экологических особенностях *Ecrobia ventrosa*, а также изменило представление о «маргинальности» распространения данного моллюска в Белом море, по крайней мере, в акватории вершины Кандалакшского залива.

Работа выполнена в рамках гос. задания №122031100283-9.

**Некоторые особенности распределения и оценка сообществ
сублиторального макрозообентоса Двинского залива Белого моря**

С.Н. Артемьев

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика
Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, Россия*

E-mail: Artemm_1988@mail.ru

Исследованиями макрозообентоса Двинского залива занимались специалисты таких научных организаций, как Зоологический институт Российской академии наук, ФГБНУ Северный филиал ПИНРО, ФИЦКИА Российской академии наук, Санкт-Петербургский государственный университет и другие. Дальнейшее наблюдение за состоянием зообентосных сообществ в рассматриваемой акватории Белого моря необходимо для контроля их качественных и количественных характеристик в связи с интенсификацией деятельности человека, климатическим изменениям и как следствие изменением ареалов некоторых видов донных беспозвоночных.

В данной работе обобщены, структурированы, уточнены и переработаны материалы, полученные в ходе экспедиций Северного филиала ПИНРО на акватории Двинского залива Белого моря в 2011, 2013, 2015–2016 гг. (всего 28 проб в 3-кратной повторности), опубликованные ранее (Артемьев, 2017; Артемьев, Новоселов, Левицкий, 2017; Артемьев, Новоселов, Левицкий, 2018; Артемьев, Климовский, Новоселов, 2018). Отбор проб, таксономический и биологический анализ организмов осуществлялся в соответствии со стандартной методикой (Руководство..., 1980). Экологические индексы Шеннона (SW Div) и Симпсона (1-D разнообразие), рассчитывались по значениям численности.

На исследуемой акватории Двинского залива в период отбора проб глубины варьировали в пределах от 9,0 м (ст. Б-0) до 123,0 м (ст. Б-8). Значения численности макрозообентоса в Двинском заливе изменялись в пределах от 13 до 1000 экз./м², при этом максимальные показатели были отмечены вдоль Зимнего и Летнего берегов, где максимальную плотность поселений создавали представители класса многощетинковых червей. Наименьшие значения численности были отмечены в центре кутовой части. Максимальные значения биомассы для Двинского залива были отмечены в кутовой части со стороны Летнего берега, при диапазоне изменений в пределах от 3,6 до 137,9 г/м², при этом наибольший вклад в формирование общей биомассы внесли двустворчатые моллюски. Наименьшие значения биомассы зафиксированы в центре кутовой части, на выходе из залива, а также в центре залива со стороны Летнего берега. В остальных районах залива показатели биомассы сильно не изменялись и сохранялись примерно на одном уровне.

Значения индекса Шеннона, рассчитанному по показателю численности в Двинском заливе изменялись от 1,65 до 3,81, составляя в среднем 2,67. При этом максимальное значение рассматриваемого индекса (3,81), было отмечено в его центральной части, то есть в этом районе наблюдалось большое видовое разнообразие донных организмов. Значения индекса Симпсона по показателям численности изменялись в пределах от 0,40 до 0,97, при среднем показателе, равном 0,73. Максимальные значения индекса разнообразия (1-D) (0,97) были отмечены в центральной части и на выходе из залива вдоль Летнего берега. В центральной части залива значения индекса разнообразия были наименьшими (со стороны Летнего берега). В центральной части залива со стороны Летнего берега значения индекса Шеннона и Симпсона в период проведения исследований были наименьшими.

Таким образом, в Двинском заливе в период исследования преобладали характерные для этого района донные организмы. Пространственное распределение бентосных организмов носило мозаичный характер. Средние значения биомассы и плотности поселений за весь период исследования составляли соответственно 43,17 г/м² 496 экз./м².

**Сердечная активность мидий (*Mytilus edulis* Linnaeus)
в условиях средней и нижней литорали**

И.Н. Бахмет¹*, Д.А. Екимов²

¹Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук,
Петрозаводск, Россия

²Отдел комплексных научных исследований Карельского научного центра
Российской академии наук, Петрозаводск, Россия

*E-mail: bakhmet.igor@gmail.com

Одним из способов изучения процессов адаптаций литоральных организмов к отливно-приливной волне является регистрация сердечной активности животных. Это объясняется тем, что система кровообращения может рассматриваться как чувствительный индикатор адаптационных реакций целостного организма. Исследования были проведены на Беломорской биологической станции ЗИН РАН «Картеш». Регистрацию сердечной активности мидий, находящихся на нижней и средней частях литорали, осуществляли непрерывно в течение 4 суток при помощи плетизмографа «Мидия-7Т». На всем протяжении цикла отлив-прилив наблюдалось выраженное понижение ЧСС (в одном случае даже до остановки сердца на 1–2 мин) в первом случае и резкий рост сердечной активности во время полной воды. Показатели ЧСС составили, в среднем, 35.7 ± 0.9 сок./мин во время полной воды и 10.0 ± 0.8 сок./мин при отливе. Интересно, что, как перед приходом воды (прилив), так и непосредственно перед осушкой (отлив) сердечная ритмика мидий резко возрастает и превышает средние показатели ЧСС на 9.4 и 6.4 сок./мин, соответственно (при варьировании от 1 до 23 сок./мин). Кроме того, эти всплески происходят за 5–10 минут до прилива и отлива. Однако эта гипотеза требует дополнительных исследований с применением других методик: расположение термологгера непосредственно внутри мидии, фотосъемка места расположения животных. Еще одно характерное изменение сердечной активности мидий во время прилива касается постепенного понижения ЧСС (в среднем от 40.3 до 34.8 сок./мин) с начала прилива до начала отлива. На всем протяжении цикла отлив-прилив наблюдалось выраженное понижение ЧСС в первом случае и резкий рост сердечной активности во время полной воды. Интересно, что, как перед приходом воды (прилив), так и непосредственно перед осушкой (отлив) сердечная ритмика мидий резко возрастает и превышает средние показатели ЧСС. Во время отлива у мидий происходит падение уровня метаболизма (Berger, Kharazova, 1997). Это связано с закрытием створок и снижением уровня кислорода в мантийной полости в течение нескольких минут до 20–50 мм рт. ст. (Taylor, 1976; Davenport, Woolmington, 1982; Pörtner et al., 1985). Соответственно, интенсивность обмена веществ у моллюсков в условиях гипоксии снижается в 18–20 раз (Wijman, 1976; Горомосова, Шапиро, 1984). Известно же, что сердечная активность находится в прямой зависимости от уровня метаболизма. Именно с этим связано серьезное (в нашем случае в 3–3.5 раза) падение ЧСС во время отлива. В то же время, в работе Coleman, Trueman (1971) отмечена полная остановка сердечных сокращений во время отлива у мидий и модиолусов, а в работе Seo et al. (2014) отсутствие изменений ЧСС. Данное несоответствие с нашими результатами можно объяснить инвазивными методами регистрации сердечной активности у моллюсков в вышеупомянутых исследованиях.

Симбиотическая триада: мшанки-бактерии-вирусы

Е.А. Богданов, А.Э. Вишняков, А.Н. Островский*

Санкт-Петербургский государственный университет, биологический факультет,
кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: a.ostrovsky@spbu.ru

Подобно многим крупным группам колониальных беспозвоночных, мшанки (Bryozoa) могут становиться хозяевами симбиотических прокариот, устанавливая с ними специфичные ассоциации. Одним из способов формирования подобных ассоциаций является образование фуникулярных тел – симбионт-содержащих органов, ассоциированных с распределительной системой колонии, фуникулярной тканью.

Кроме того, для нескольких видов хейлостомных мшанок (*Aquiloniella scabra*, *Bugula neritina*, *Dendrobeatia fruticosa*, *Paralicornia sinuosa*), вступающих в симбиоз с бактериями, при помощи трансмиссионной электронной микроскопии показано наличие вирусоподобных частиц в цитоплазме разрушающихся клеток симбионтов и в деградирующих фуникулярных телах.

Несмотря на то, что роль данных частиц в симбиотической системе до сих пор не ясна, регулярность их обнаружения, а также схожие закономерности в цикле развития фуникулярных тел могут быть признаками филогенетически устоявшейся симбиотической ассоциации, включающей не только мшанок и их бактериальных симбионтов, но и различные формы бактериофагов.

**Эпибионт гидроидных полипов из подкласса Suctoria
Ophryodendron abietinum: что мы о нем знаем?**

Н.А. Бородин¹, М.Е. Белоконов¹, В.Р. Хабибулина¹, М.С. Мелехин^{2,3}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, биологический факультет,
кафедра зоологии беспозвоночных, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, биологический факультет,
кафедра микробиологии, Санкт-Петербург, Россия

³Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: nikitik25@gmail.com

Подкласс Suctoria представлен инфузориями, которые лишены ресничек на большей части жизненного цикла. Зачастую эти протисты являются эпибионтами, а субстратами для их прикрепления могут служить беспозвоночные животные.

В ходе нашей работы на наличие эпибионтов из данного подкласса инфузорий были осмотрены колонии гидроидного полипа *Obelia longissima*, собранные в акватории Белого моря. В результате светооптических наблюдений были найдены представители трех родов сукторий из двух разных отрядов: *Ephelota* sp., *Ophryodendron* sp. – отряд Exogenida, *Acineta* sp. – отряд Endogenida.

В то время как представители *Acineta* sp. и *Ephelota* sp. по всей видимости являются неспецифичными обрастателями гидроидов), *Ophryodendron abietinum*, вероятно, является облигатным симбионтом гидроидных полипов, что подтверждается нашими находками этой инфузории исключительно на *Obelia longissima*. Наибольшее внимание в данной работе было уделено именно *Ophryodendron abietinum*, в связи с его наименьшей изученностью.

Впервые для представителей отряда Exogenida с наружным вермигеммидным типом почкования, к которым относится *O. abietinum*, были получены молекулярно-филогенетические данные по гену 18S рРНК, а также был проведен филогенетический анализ с использованием всех имеющихся последовательностей гена 18S рРНК. На полученной молекулярно-филогенетической реконструкции *O. abietinum* формирует отдельную ветвь, сестринскую представителям отряда Evaginogenida, в то время как представители отряда Exogenida лежат базально по отношению к остальным отрядам. Такие данные противоречат принятой ранее системе, основанной на морфологическом критерии (типе почкования) поскольку согласно ей, все суктории с наружным типом почкования принадлежат к отряду Exogenida. Исходя из этого нами был сделан вывод, что система подкласса требует дальнейшего пересмотра с применением большего объема молекулярно-генетических данных.

Также, в ходе светооптических и ультраструктурных исследований с применением трансмиссионной электронной микроскопии в цитоплазме инфузории были обнаружены двумембранные вакуоли с бактериями. На основе данных, полученных при помощи ТЕМ, мы предполагаем возможность выхода этих бактерий из вакуоли в цитоплазму. Сравнив последовательности гена 16S рРНК симбиотических бактерий, найденных в инфузориях из разных географически удаленных точек (окрестности о. Средний и окрестности ББС МГУ) и проведя молекулярно-филогенетический анализ, мы установили, что бактериальные симбионты инфузорий, собранных возле о. Средний, относятся к классу гамма-протеобактерий и входят в состав группы, содержащей некультивируемых и морфологически неизученных бактерий, известных из образцов метабаркодинга воды. В инфузориях из окрестностей ББС МГУ были найдены представители альфа-протеобактерий из группы ранее некультивируемых и морфологически не изученных бактерий, близких к представителям рода *Amilybacter* sp., также описанных из данных, полученных на основе метабаркодинга образцов воды. Характер взаимоотношений бактерий с *O. abietinum* по-прежнему остается под вопросом.

**Закономерности формирования глоточного вооружения
брюхоногих моллюсков**

Е.В. Ворцепнева^{1*}, Ю.И. Кантор²

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук,
Москва, Россия

*E-mail: vortsepneva@gmail.com

Брюхоногие моллюски – одна из доминирующих групп беспозвоночных, заселяющая практически все среды обитания, кроме аридных условий. Насчитывается около 90 000 видов, принадлежащих к пяти подклассам: Patellogastropoda, Vetigastropoda, Neritimorpha, Caenogastropoda и Heterobranchia. Широкое распространение и доминирование стало возможным, в том числе благодаря пластичности пищедобывательного аппарата. Наиболее вероятным базовым типом добывания пищи гастроподами была детритофагия, на основании которой развились другие типы от соскребывания с твердых субстратов сильно минерализованной радулой до высокоспециализированного хищничества и паразитизма.

Пищедобывательный аппарат гастропод состоит из радулярного аппарата и челюстей. Радула есть у всех гастропод, за исключением нескольких групп, которые независимо потеряли радулу при переходе к сосущему типу питания. Радулярный аппарат состоит из самой радулы – хитиновой ленты с прикрепленными к ней зубами, и одонтофора, который часто представлен хрящами и мускулатурой, и мышцами радулы. Зубы радулы собраны с поперечные и продольные ряды. Уникальной особенностью радулы является способность к возобновлению в течение всей жизни моллюска за счет периодического синтеза новых зубов. Синтез и формирование радулы происходит в радулярном мешке, который является впячиванием эпителия буккальной полости с вентральной стороны. Радула очень разнообразна по морфологии, тем не менее для крупных филогенетических ветвей характерен свой базовый тип радулы. Признаны два состояния радулы – стереоглоссное и флексиглоссное. Стереоглоссная радула не имеет сгибов в продольном направлении как в радулярном мешке, так и на рабочем крае, характерно только для минерализованной докоглоссной радулы пателлогастропод. Флексиглоссная радула характеризуется тем, что в радулярном мешке радула сгибается в продольном направлении, и разворачивается на рабочем крае. Флексиглоссное состояние характерно для всех остальных гастропод. Радула гастропод невероятно разнообразна по своей морфологии и функционированию. Несмотря на наличие общих закономерности формирования радулы, существуют также и существенные цитологические различия в клеточных линиях в зоне формирования в разных филогенетических ветках, которые включают в себя общую топографию зоны формирования, и особенно строение и количество одонтобластов и мембранобластов. Наименьшая дифференцировка клеток в зоне формирования наблюдается у представителей ветигастропод с рипидоглоссной радулой и цетогастропод. Спецификация формирования длинных маргинальных зубов ветигастропод – это особенность, связанная с формированием крайне длинных зубов, что также можно наблюдать у довольно далеко отстоящих от них неритиморф, и вероятно, является конвергенцией.

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

**Стабильность среды и долгосрочная изменчивость сообщества
гарпактикоидных копепод**

Л.А. Гарлицкая^{1*}, А.И. Азовский², Е.С. Чертопруд^{2,3}

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, Москва, Россия

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук,
Москва, Россия

*E-mail: garlitska@gmail.com

Гарпактикоидные копеподы изучались на илисто-песчаной литорали губы Чернореченской (Белое море) в ходе 45 съемок, проведенных в весенне-осенний период в течение 25 лет (1996–2020 гг.) на трех участках, различающихся характером донных отложений. Различия между участками были наиболее важным источником изменчивости видовой структуры, тогда как вклад мелкомасштабной пространственной изменчивости и сезонных вариаций был невысок. В мелком илистом песке преобладали эпибентосные виды, в среднем песке – роющие и эпибентосные, в крупном промытом песке – интерстициальные и роющие. В многолетнем аспекте структура каждого из сообществ была стабильной до начала 2000-х годов, когда соотношение видов изменилось вслед за изменением состава осадков (заиление песчаных грунтов и опесчанивание – на илах). На каждом из участков наблюдалась долгосрочная тенденция увеличения разнообразия. Мы предполагаем, что состав отложений является ключевым фактором, определяющим состав сообществ гарпактикоид.

**Создание модельных представлений о динамике структуры поселений
массовых видов беломорских *Bivalvia***

А.В. Герасимова*, Н.В. Максимович, Н.А. Филиппова

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

**E-mail: agerasimova64@mail.ru*

Работа представляет обобщение итогов многолетних (общий цикл исследований составил почти 35 лет) наблюдений за бентосными поселениями девяти видов двустворчатых моллюсков, выполненных на базе Морской Биологической станции СПбГУ в Белом море (устье губы Чупа, Кандалакшский залив). Комплексный подход к выявлению закономерных черт в пространственно-временной организации поселений *Bivalvia*: исследование изменений размерно-возрастного состава поселений как отражения режима пополнения поселений молодью, особенностей роста и смертности, позволил предпринять попытки сформировать модельные представления о динамике возрастной структуры поселений моллюсков. Как оказалось, многолетняя стабильность размерно-возрастного состава не характерна для поселений *Bivalvia*, и значительные колебания в их структуре имеют место даже в относительно неизменных условиях окружающей среды. Основная причина отсутствия стационарности структуры поселений определена межгодовыми вариациями объемов пополнения, которые обусловлены главным образом напряженностью внутривидовых отношений моллюсков и особенностями выживания молоди на ранних этапах онтогенеза. Для беломорских *Bivalvia* основанием для последнего положения послужили ряд обстоятельств: 1) благоприятные условия для размножения моллюсков в данной акватории и ежегодное присутствие их личинок в составе летнего планктона; 2) совпадение по времени появления в поселениях в значительного числа сеголеток и существенной элиминацией к этому моменту представителей прежде доминирующих генераций; 3) выявленной асинхронностью развития нескольких поселений одного и того же вида, когда в один и тот же сезон в разных местообитаниях данного вида доминировали представители разных генераций; 4) значительной элиминацией молоди (даже до 100%) в течение первого года жизни. В результате межгодовых колебаний в уровне пополнения в поселениях *Bivalvia* на протяжении нескольких лет доминируют представители 1–2 генераций. В зависимости от степени напряженности внутривидовых отношений возможно формирование как практически моновозрастных поселений, так и поселений, где очередное успешное пополнение отделено парой-тройкой годов от предыдущего, т.е. новая генерация оккупирует местообитание еще до существенной элиминации ранее доминирующего поколения. Периодическую смену доминирующих поколений можно было бы рассматривать с точки зрения проявления цикличности в развитии поселений. Однако циклический характер динамики структуры поселений легко разрушается при неблагоприятных условиях для выживания моллюсков на ранних этапах онтогенеза. Оказалось практически невозможным предсказать успешное пополнение поселений *Bivalvia* лишь из анализа размерно-возрастной структуры поселений и количества только что осевшего спата. Не меньшую важность в пополнении поселений играют постларвальные процессы, в результате которых даже при высоком уровне оседания спата вклад отдельных генераций в численность поселений *Bivalvia* может быть крайне мал.

Стационарные поселения двустворчатых моллюсков (по крайней мере, в Белом море) являются скорее исключением из общего правила. Они могут формироваться в условиях относительно стабильного уровня ежегодного пополнения при ослабленной напряженности внутривидовых отношений. Последнее в беломорских поселениях *Bivalvia* наблюдалось либо при дифференциации экологических потребностей особей разного возраста, либо в случае относительно низкой плотности поселения. Однако стационарность структуры поселений и в этом случае легко нарушается при неблагоприятных условиях для выживания особей на ранних стадиях развития.

**Сезонная динамика литоральных фораминифер в окрестностях
мыса Картеш Кандалакшского залива Белого моря**

Е.А. Голикова^{1*}, А.Д. Челкак², Д.А. Аристов³, С.А. Корсун^{1,4}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных, Санкт-Петербург, Россия

³Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

⁴Институт Океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: e.golikowa@spbu.ru

Фораминиферы являются существенным компонентом мейобентоса Белого моря и играют важную роль в функционировании морских экосистем (Гальцова и др., 1989; Лукина, 1991). Имеются сведения о составе литоральных сообществ (Korsun et al., 2012, 2014; Golikova et al., 2020). Однако, до сих пор мало известно о роли смены сезонов в жизни литоральных фораминифер Белого моря в частности и высоких широт вообще. Цель работы – выявить закономерности сезонных изменений в сообществах литоральных фораминифер Белого моря.

Пробы грунта объемом 20 см³ взяты на трансекте из 4 литоральных станций по 3 повторности на станцию в точках бентосного мониторинга ББС ЗИН РАН на двух пляжах, контрастных по механическому составу грунта (илистый пляж в губе Сельдяной и песчаный – в губе Медвежьей) в марте, мае, августе и ноябре 2015 г. Грунт фиксировали 70% спиртом с красителем Бенгальским розовым (2 г/л) для разделения живых и мертвых фораминифер. Численность фораминифер размером 0.125–0.5 мм пересчитывали на 10 см³.

Всего было найдено 13 видов фораминифер, из которых лишь у 6 видов были встречены живые особи. В обеих губах присутствовали живые особи на всех станциях во все сезоны. Численность популяций была стабильно выше в заиленной губе Сельдяной (максимум 283 экз./10 см³) по сравнению с песчаной Медвежьей губой (максимум 20 экз./10 см³).

Три вида были массовыми: *Elphidium williamsoni* с известковой раковиной, *Ovammmina orasa* с однокамерной органической; и *Miliammina fusca* с агглютинированной раковиной. У первого вида изменения численности были асинхронны по станциям, и закономерность выявить не удалось. Второй вид демонстрировал пик численности в мае на всех станциях в обеих губах. Третий вид доминировал в обеих губах на всех станциях, и пик его численности везде приходился на ноябрь.

Несмотря на почти космополитную встречаемость этих литоральных видов, до сих пор есть лишь фрагментарная информация об их питании, размножении и сезонной динамике. При размножении фораминифер родительская особь погибает, поэтому мы подсчитывали количество пустых раковин с тем, чтобы выявить эпизоды размножения. Выбранный шаг мониторинга не позволил увидеть пики обилия мертвых фораминифер, связанные с размножением. Другой аспект жизнедеятельности фораминифер, который мог бы объяснить вспышки их численности – питание. Есть сведения, что *O. orasa* питается диатомовыми водорослями (Goldstein, Alve, 2011). В Кандалакшском заливе первое и самое мощное цветение фитопланктона происходит в апреле–мае и связано оно с таянием прибрежного льда (Ильяш и др., 2003). Основным компонентом первого цветения являются диатомовые водоросли, высвобожденные из льда (Ratkova, Wassmann, 2005). Они, возможно, являются обильным пищевым ресурсом для *O. orasa*. *Miliammina fusca*, вероятнее всего, является детритофагом и бактериофагом (Frail-Gauthier et al., 2019). В предзимнее время (ноябрь) фотосинтетические процессы уже угнетены, но продолжается реминерализация органического вещества, накопленного за вегетационный период. Эти условия благоприятны для детритофагов, таких как *M. fusca*. Авторы выражают глубокую признательность А.Д. Наумову, К.В. Галактионову, И.А. Левакину и К.Е. Николаеву. Фораминиферовый анализ выполнен при поддержке гранта РФФ 21-17-00235.

**Генетическая демография горбуши, вселенной в бассейн
Белого моря, и возможные перспективы расширения ареала**

Н.В. Гордеева

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: ribka04@mail.ru

В последние годы наблюдается существенное увеличение численности и географии подходов вселенного на Европейский Север России тихоокеанского лосося горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792), вызывающее беспокойство в странах по обеим сторонам северной Атлантики (International Seminar on Pink Salmon in the Barents Region and in Northern Europe, 2021, NIBIO Svanhøvd, Norway). В ходе почти полувековой истории акклиматизации горбуши в бассейнах Белого и Баренцева морей выяснилось, что ее успешной адаптации препятствует, в основном, высокая требовательность к гидрологическому режиму, температуре воды и донному субстрату в реках нового ареала, где происходит размножение и раннее развитие (Карпевич и др., 1991). Также было установлено, что горбуша из северной части нативного ареала (Магаданская обл.) лучше преадаптирована к новым условиям, чем южная (о. Сахалин), а горбуша линии нечетных лет нереста имеет, по-видимому, адаптивное преимущество перед линией четных лет нереста (из-за строго двухлетнего жизненного цикла этого вида поколения, нерестящиеся в четные и нечетные годы, репродуктивно изолированы на протяжении тысяч поколений). В настоящее время «атлантическая» горбуша представлена многочисленным стадом нечетных лет нереста и сравнительно небольшим по численности стадом четных лет; оба происходят из популяции р. Олы Магаданской обл. Основные нерестовые реки расположены в бассейне Белого моря по Терскому берегу Кольского полуострова. С 2000 г. в лаборатории популяционной генетики ИОГЕН РАН проводится мониторинг популяционно-генетических и морфобиологических показателей образовавшихся в результате вселения популяций горбуши (Гордеева и др., 2003; Гордеева и др. 2015). Обнаружены различия между линиями четных и нечетных лет нереста в направлении и масштабе генетических сдвигов, произошедших после интродукции (Gordeeva, Salmenkova, 2011). Проведенный в рамках данного исследования демографический анализ показал также существенные отличия между линиями в соотношении генетически эффективной и цензовой численности, и в коэффициентах родства. Несмотря на значительно превосходящую численность заходящих в реки на нерест рыб, преобладание среди них самок и их высокую плодовитость, эффективная численность (т.е. численность особей, передающих свои гены следующему поколению) у беломорской горбуши линии нечетных лет оказалась крайне мала. Все вместе свидетельствует о дифференциальной выживаемости потомства различных семейств, то есть о наличии направленного отбора. Наше исследование свидетельствует о том, что даже в реках с устойчивым естественным воспроизводством вселенцев условия для их размножения и раннего развития являются субоптимальными. Наблюдения за акклиматизацией горбуши в бассейне Белого моря, а также мировой опыт, показавший провал подавляющего большинства интродукций как внутри, так и за пределами нативных ареалов, свидетельствует об ограниченных адаптивных возможностях этого вида. Таким образом, нет оснований полагать, что широкий стрейнг горбуши, наблюдающийся в последнее время на фоне потепления в Северной Атлантике, приведет к масштабной колонизации новых рек.

**Горизонтальный перенос генов на примере гена
беломорской асцидии *Styela rustica***

М.А. Даугавет^{1*}, Т.Г. Шапошникова², С.В. Шабельников¹, О.И. Подгорная¹

Институт цитологии Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

* E-mail: ka6tanka@yandex.ru

Явление горизонтального переноса генов широко известно для прокариотических организмов. Передача генов от прокариотических к эукариотическим организмам описана в литературе, однако механизм этого явления изучен слабо. В нашей предшествующей работе описан белок беломорской асцидии *Styela rustica*, рустикалин, который, вероятно, произошел в результате горизонтального переноса гена от бактерии. Рустикалин состоит из двух доменов. N-концевой домен содержит цистеин-богатые повторы. Для C-концевого домена наблюдается достоверное сходство с пептидазой бактериофага A500. Бактериофаг в данном случае выступал посредником переноса кодирующей последовательности пептидазного домена из бактериального генома в эукариотический (Daugavet et al., 2019).

С помощью алгоритма BLASTp мы можем обнаружить последовательности родственные пептидазному домену асцидий у бактерий и многоклеточных животных. 39 белков найдено у представителей бактерий и 20 белков, принадлежащих многоклеточным животным. Не смотря на сходство с пептидазным доменом рустикалина асцидий последовательности животных принадлежат не только Оболичникам, к которым относятся асцидии, но также Головохордовым, Ракообразным, Коловраткам, Кораллам и примитивному многоклеточному животному *Trichoplax adhaerens*. Поэтому можно предположить, что горизонтальный перенос кодирующей последовательности пептидазного домена из генома бактерий происходил несколько раз независимо в геномы разных представителей многоклеточных. Для поиска ответа на этот вопрос проводили филогенетический анализ, включающий и последовательности бактерий и последовательности эукариот. Топология получившегося дерева показывает, что все последовательности пептидазного домена эукариот, кроме последовательности ракообразного (*Cyprideis torosa*), находятся в одной кладе. Только последовательности, находящиеся в одной кладе, могут происходить от одной предковой последовательности. Следовательно, данные филогенетического анализа свидетельствуют о двух событиях горизонтального переноса гена. Одно из них стало причиной образования пептидазного домена гена ракообразного *Cyprideis torosa*. В результате другого независимого горизонтального переноса гена образовался пептидазный домен в белках Оболичников, Головохордовых, Коловраток, Кораллов и *T. adhaerens*. Вероятно, бактериальные доноры последовательности пептидазного домена для ракообразного *Cyprideis torosa* и остальных исследованных многоклеточных должны быть различны. Другой способ оценки независимого происхождения генов основан на положении интронов. Поскольку появление интронов возможно только в эукариотическом геноме, одинаковое положение интронов в двух последовательностях может свидетельствовать о единичном случае переноса гена из прокариотического генома в эукариотический. Положение первого интрона внутри кодирующей последовательности пептидазного домена идентично для Оболичников, Головохордовых, Кораллов и Трихоплакса. Это согласуется с данными филогении о том, что белки этих животных приобрели пептидазный домен в результате одного горизонтального переноса гена от прокариот.

Таким образом, используя последовательность рустикалина асцидии *S. rustica*, можно обнаружить другие белки многоклеточных, которые образовались в результате горизонтального переноса генов. В том числе можно обнаружить другие независимые случаи переноса генов от бактерий к многоклеточным животным.

**Влияние физико-химических параметров приморских биотопов на
биоморфологию доминантного галофита *Plantago maritima* L.**

Т.Ю. Дьячкова, Л.А. Сергиенко*

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

*E-mail: saltmarsh@mail.ru

В приморских арктических экосистемах для поддержания биогеохимического равновесия экосистем важно не таксономическое разнообразие само по себе, а разнообразие функциональное, или биоморфологическое. (Сергиенко, 2008). Подорожник морской был выбран в качестве флористического индикатора силы антропогенного загрязнения на территории Евро-Арктического региона (Сергиенко, Морозова, 2021) Это широко распространенный бореальный европейский облигатный галофит, известный своей морфо-анатомической пластичностью (в нашем исследовании он рассматривается в широком смысле – *Plantago maritima* L. s.l.). Исследования проводились на литоральной зоне в окрестностях поселков Колежма и Кереть Беломорского района Республики Карелия методом заложения модельных трансект перпендикулярно береговой линии: (МТ): (МТ 1) в окрестностях пос. Колежма (КЛ) – шириной 10 м и длиной 40 м на полуоткрытом берегу губы лагунного типа, (МТ 2) в окрестностях пос. Кереть (КР) шириной 10 м и длиной 20 м, расположена в горле ковшовой полузамкнутой губы Лебяжья. В пределах трансект были выделены 5 зон (Z) длиной 3–4 м по типу субстрата и растительности. МТ 1 занимает нижнюю, среднюю и верхнюю литораль. МТ 2 – только среднюю и верхнюю литораль (МТ 1 – Z 1, 2, 3; МТ 2 – Z 4, 5). В каждой зоне были взяты образцы почвы для проведения химического анализа и средневозрастные с генеративными побегами модельные клоны *P. maritima* для проведения статистического анализа морфологических параметров клона и отдельных побегов: число побегов в клоне, высота побегов, число листьев на одном побеге, линейные размеры листа, длина цветоноса, длина колоса. Химические свойства почв: Z 1 (нижняя литораль, КЛ), субстрат – суглинок с черными илистыми пятнами на поверхности (10% гравий, 40% песок, 50% ил), pH (вод) – 6.76, обменные основания (мг/100 г а.с.п.): K⁺–56, Na⁺– 44, Ca²⁺–198, Mg²⁺– 146, Cl[–]– 40, SO₄– 90; Z 2 (средняя литораль КЛ), субстрат – слабо задернованный суглинок с примесью гравия (10% гравий, 10% песок), pH (вод) – 6.98, обменные основания (мг/100 г а.с.п.): K⁺– 34, Na⁺– 35, Ca²⁺– 113, Mg²⁺– 330, Cl[–]– 61, SO₄– 190; Z 3 (верхняя литораль КЛ), субстрат – слабо задернованная песчано-илистая маршевая почва (25% камни + гравий, 30% песок), pH (вод) – 6.58, обменные основания (мг/100 г а.с.п.): K⁺–35, Na⁺– 70, Ca²⁺–175, Mg²⁺– 540, Cl[–]– 124, SO₄– 270; Z 4 (средняя литораль КР), субстрат – слабо заиленный песок с примесью гравия (10% гравий, 10% песок), pH (вод) – 6.30, обменные основания (мг/100 г а.с.п.): K⁺–115, Na⁺– 154, Ca²⁺–201, Mg²⁺– 164, Cl[–]– 53, SO₄– 224; Z 5 (верхняя литораль КР), субстрат – слабо заиленный песчано-гравийный субстрат (15% камни + гравий, 20% песок), pH (вод) – 4.20, обменные основания (мг/100 г а.с.п.): K⁺–273, Na⁺– 472, Ca²⁺–245, Mg²⁺– 544, Cl[–]– 164, SO₄– 140. МТ 1 расположена на более молодой по времени образования приморской береговой полосе, что доказывается незначительным содержанием обменных оснований калия и натрия. МТ 2 расположена на более старых отложениях, где содержание калия и натрия более высокое. Во всех зонах на МТ 1 и МТ 2 все биометрические показатели *P. maritima*, за исключением числа побегов в клоне и биомассы корней, возрастают от линии уреза малой воды в отлив по направлению к коренному берегу. На МТ 1 по сравнению с МТ 2 число побегов в клоне меньше у коренного берега, но они больше по размерам (высоте надземных побегов, длине цветоноса и длине корней). Наиболее чувствительными к физико-химическим характеристикам среды оказались следующие признаки растений *P. maritima* – общее число побегов в клоне и биомасса корней, т.е. те его свойства, которые соответствуют делению зон побережья Белого моря с разными физико-химическими условиями среды.

**Микроанатомия эндопаразитической копеподы *Nucellicola* sp. nov.
(Copepoda: Chitonophilidae)**

**И.К. Еньшина^{1*}, Д.Ю. Крупенко¹, Г.А. Кремнев¹, Н.Н. Шунатова¹,
А.А. Миролубов²**

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: ienshina1458@gmail.com

Веслоногие ракообразные или копеподы занимают широкий спектр экологических ниш и включают большое разнообразие паразитических представителей. Род *Nucellicola* Lamb, Boxshall, Mill & Grahame, 1996 (семейство Chitonophilidae) объединяет одних из самых специализированных эндопаразитических копепод. Взрослые особи *Nucellicola* sp. раздельнополы и обитают в тканях висцерального мешка брюхоногих моллюсков. Самки *Nucellicola* sp. лишены конечностей и сегментации, а самцы карликовые и живут, прикрепившись к самке.

Многие аспекты строения данных паразитов либо отсутствуют в литературе, либо представлены недостаточно подробно. В нашей работе мы изучили организацию половозрелых самок *Nucellicola* sp. nov., обнаруженных в моллюсках *Vuccinum undatum* L. в окрестностях УНБ «Беломорская» СПбГУ (Белое море, Керетский архипелаг).

Тело самки состоит из системы трофических столонов, прорастающих практически во все органы хозяина, и червеобразного репродуктивного отдела, несущего органы половой системы. Наши исследования показали, что трофический отдел образует стенку яйцевой трубки — уникальной структуры для вынашивания потомства, которая ранее трактовалась исследователями как не клеточная оболочка вокруг эмбрионов. Также в стенке тела самки мы обнаружили хорошо развитую мускулатуру, наличие которой у данных паразитов ранее не было описано.

В репродуктивном отделе располагается женская половая система. От пары трубчатых яичников отходит два извитых яйцевода, которые в дистальной части сливаются, формируя единый проток, открывающийся гонопором. Дистальные участки яйцеводов ассоциированы с множеством секреторных клеток, которые в литературе обычно называют "цементные железы". Также имеется пара вспомогательных желез, которые имеют отдельные протоки, впадающие в яйцеводы.

Самцы *Nucellicola* sp. прикрепляются к репродуктивному отделу рядом с гонопором самки. Они располагаются внутри мембранного мешка, информация о строении которого в литературе отсутствует. Согласно полученным нами данным, мембранный мешок является складкой репродуктивного отдела.

Кроме того, нами была описана ультраструктура кутикулы трофического отдела, которая сходна по строению с кутикулой некоторых мезопаразитических копепод и паразитических ракообразных из других таксонов (например, из группы Rhizocerphala). Кутикула двухслойная, ее апикальная поверхность формирует множество микровыростов в сторону тканей хозяина.

Паразиты *Nucellicola* sp. как обладают рядом уникальных черт, так и имеют морфологические сходства с другими эндопаразитическими ракообразными, которые, по-видимому, обусловлены сходным образом жизни.

**Ультраструктура сперматозоидов двух видов пролецитофор
(Plathelminthes, Prolecithophora)**

Я.И. Заботин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

E-mail: Yaroslav_Zabotin@rambler.ru

Пролецитофоры (Prolecithophora) представляют собой своеобразную группу пресноводных и морских свободноживущих плоских червей (известных под собирательным названием «турбеллярии»), насчитывающую около 150 видов (Noren, Jondelius, 2002). Пролецитофоры выделяются среди «турбеллярий» рядом уникальных особенностей сперматозоидов, в частности наличием «складчатых мембранных образований» и отсутствием жгутиков и электронно-плотных гранул или «преломляющих телец» (Ehlers, 1985). Хотя ультраструктурные особенности мужских гамет (наряду с молекулярно-генетическими методами) широко используются в систематике и филогенетике Plathelminthes, на данный момент они описаны лишь у некоторых видов пролецитофор.

В ходе данной работы впервые была исследована ультраструктура сперматозоидов двух видов пролецитофор – *Plagiostomum vittatum* (Frey, Leuckart, 1847) и *Vorticeros ijima* Tozawa, 1918 (Prolecithophora, Plagiostomidae) с помощью трансмиссионного электронного микроскопа (ТЭМ). Представители *P. vittatum* были собраны на литорали о-вов Виченная Луда и Сидоров (Керетский архипелаг, губа Чупа, Белое море), *V. ijima* – на литорали о-ва Мукаисима (юг о-ва Хонсю, Внутреннее Японское море, Япония) в смывах с водорослей. Материал был зафиксирован в 1% глютаровом альдегиде на 0.1 М фосфатном буфере и подготовлен для ТЭМ по стандартной схеме.

Для сперматозоидов обоих видов характерна вытянутая веретеновидная форма, спиральная форма ядра с электронно-плотным слоистым хроматином, наличие многочисленных митохондрий, кортикальное положение свободных микротрубочек и полное отсутствие жгутиков. Внешнее деление на отделы (головку, шейку и хвостик) не просматривается.

Ядро сперматозоида *P. vittatum* отличается наличием многочисленных тонких выростов. Между «витками» ядра располагаются крупные митохондрии, иногда в плотном контакте друг с другом. В некоторых из них были замечены деструктивные изменения, в результате которых у них исчезают кристы, либо внутри образуются полости и митохондрии принимают кольцевидную форму. Характерных для сперматозоидов пролецитофор «складчатых мембранных образований» обнаружено не было.

Хроматин ядра сперматозоида *V. ijima* характеризуется слоистой структурой; в центральной части ядра заметна электронно-прозрачная кариоплазма, образующая округлые «пузыри». На периферии клетки разбросаны многочисленные очень мелкие митохондрии, часто выстраивающиеся в цепочку и имеющие явную тенденцию к слиянию. Также периферия сперматозоида заполнена «складчатыми мембранными образованиями», соединяющимися с наружной клеточной мембраной в отдельных точках.

Для сперматозоидов Prolecithophora характерно наличие либо отдельных митохондрий, либо лишь одной или двух, образующихся в результате слияния остальных (Watson, Jondelius, 1997; Lanfranchi, 1998). В частности, сперматозоиды *P. vittatum* и *V. ijima* содержат многочисленные митохондрии, однако у обоих видов наблюдается тенденция к их плотному контакту и слиянию, о чем также могут свидетельствовать деструктивные изменения в них у *P. vittatum*. Обнаруженное сходство процесса формирования единственной митохондрии у пролецитофор с трикладами (Чернова и др., 2014) и трематодами (Bakhoum et al., 2017), вероятно, также может служить морфологическим подтверждением выделения таксона специализированных плоских червей Acentrosomata, предложенного на основе молекулярно-генетических данных (Egger et al., 2015).

**Девятииглая колюшка Белого и Балтийского морей:
обычная, но малоизвестная рыба**

М.В. Иванов^{1*}, А.С. Генельт-Яновская¹, Е.А. Генельт-Яновский^{1,2},

Т.С. Иванова¹, Д.Л. Лайус¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: ivmisha@gmail.com

Девятииглая колюшка *Pungitius pungitius* L. – типичный представитель ихтиофауны северных морей, она также является одним из значимых модельных объектов в эволюционной биологии. Особенности популяционной биологии девятииглой колюшки менее изучены по сравнению с трехиглой колюшкой *Gasterosteus aculeatus* L., хотя ареалы и ниши этих видов значительно перекрываются. Оценка современного состояния – регионального и биотопического распространения, особенностей популяционной структуры девятииглой колюшки, ее трофические связи и конкурентные отношения с экологически близкой трехиглой колюшкой *G. aculeatus* – основная проблема, на решение которой направлено данное исследование.

Для описания распределения и сезонной динамики численности *P. pungitius* были использованы ловушки с 6–12-часовой экспозицией и мальковый невод. Девятииглая колюшка, в отличие от трехиглой, является более холодноводным видом и появляется в прибрежной зоне восточной части Финского залива сразу после распада льда, после чего в мае оба вида колюшек встречаются совместно. Помимо колюшек в весенних сборах также присутствуют карповые рыбы, среди которых доминирует уклейка *Alburnus alburnus*. С начала лета девятииглая колюшка отсутствует в прибрежной зоне Финского залива, после чего взрослые рыбы снова там появляются только осенью. В прибрежной зоне Финского залива численность *P. pungitius* достигает 1.7 экз./кв.м., в мае и октябре ее средняя численность составляет около 1 экз. на 4 кв.м. (0.25 экз./кв.м.). Обилие *G. aculeatus* в этих же точках достигает 2.6 экз./кв.м., а в среднем составляет 0.14 экз./кв.м., то есть обилие *P. pungitius* в 3–4 раза ниже, чем у *G. aculeatus*.

В Белом море (губа Чупа) обилие девятииглой колюшки сопоставимо с популяцией Восточной Балтики, однако численность трехиглой колюшки оказывается выше на порядок. Таким образом *P. pungitius*, в отличие от более широко известного близкородственного вида – трехиглой колюшки *G. aculeatus*, не так склонна к резким изменениям численности и демонстрирует гораздо большую стабильность в условиях меняющегося климата. В Кандалакшском заливе Белого моря *P. pungitius* летом концентрируется в мелководных полуизолированных от основной акватории моря лагунах. Нерестовые биотопы балтийской девятииглой колюшки пока не были определены, однако в середине июня отдельные рыбы были обнаружены в ручьях в нескольких метрах выше эстуариев. В то же время популяции трехиглой колюшки Восточной Балтики являются проходными, рыбы могут подниматься в реки на несколько километров. Девятииглая колюшка *P. pungitius* имеет потенциал как вид-индикатор изменений в прибрежных сообществах северных морей благодаря широкому ареалу и относительно стабильной численности.

Работа поддержана грантом РНФ 22-24-00956.

**Органический компонент осмолитов у двух криптических видов мидий
рода *Mytilus* в условиях пониженной солености**

А.А. Ковалев^{*}, И.М. Соколова², А.А. Сухотин¹

¹Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

²University of Rostock, Rostock, Germany

*E-mail: anton.kovalev@zin.ru

Мидии в Белом море представлены двумя криптическими видами – *Mytilus trossulus* и *M. edulis*. В литературе предпринимались попытки объяснить их ареалы и распространение в Атлантике и Арктике, предполагая различия этих видов мидий в толерантности к гипогалинным условиям. Однако, существующие экспериментальные данные достаточно противоречивы: локальная адаптация *M. trossulus* к гипогалинным условиям Балтики не вызывает сомнений, в то время как на канадском побережье Атлантического океана *M. edulis* и *M. trossulus* не демонстрируют различий в функциональном ответе (скорость роста, интенсивность дыхания, скорость фильтрации, смертность) на опреснение. В Белом море поселения *M. trossulus* преимущественно сосредоточены в вершине Кандалакшского залива ($S \sim 10\%$), однако встречаются и в более мористых районах (Katolikova et al., 2016). Для оценки влияния опреснения на клеточную осморегуляцию в тканях у двух криптических видов мидий мы определили у них концентрацию основных органических осмолитов в условиях нормальной, пониженной и экстремально низкой солености.

Материалом для исследования послужили мидии, отобранные с литоральных поселений в двух точках Кандалакшского залива: на о. Телячий (*M. trossulus*, соленость $\sim 10\%$) и близ пос. Лувеньга (*M. edulis*, соленость $\sim 20\%$). Животные были доставлены на Беломорскую биостанцию ЗИН РАН и акклиматизированы к аквариальным условиям ($t^\circ = 10^\circ\text{C}$, $S = 25\%$) в течение месяца. Далее животные экспонировались также в течение месяца в условиях нормальной (25%) и пониженной (16% и 10%) солености. После экспозиции моллюски были вскрыты, а из тканей жабр и гепатопанкреаса были экстрагированы основные метаболиты и органические осмолиты. Методом тандемной жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии были определены концентрации 35 метаболитов (в том числе 16 осмолитов, преимущественно свободные аминокислоты).

Общая концентрация органических осмолитов у обоих видов изменялась сходным образом – мидии закономерно и достоверно (ANOVA, $p < 0.001$) снижали концентрацию органических осмолитов в тканях в условиях пониженной солености. Концентрация осмолитов в тканях *M. trossulus* была достоверно ниже (ANOVA, $p < 0.05$), чем у *M. edulis*. Более 50% от общей массы идентифицированных осмолитов в тканях обоих видов мидий приходилось на три основных осмолита, характерных для двустворчатых моллюсков – таурин, глицин и аспартат. Было установлено, что *M. trossulus* в большей степени полагаются на глицин, чем *M. edulis* – его концентрация в нормальных условиях была значительно выше ($p < 0.05$). При низкой солености видовых различий не обнаружено. Концентрация продуктов анаэробного обмена даже в условиях экстремального опреснения (10%) была мала и не различалась между видами, что свидетельствует о том, что оба вида столкнулись лишь с умеренным стрессом. Однако, с понижением солености оба вида демонстрировали повышение концентрации орнитина, являющегося одним из продуктов цикла мочевины, причем *M. edulis* характеризовались более высокими концентрациями ($p < 0.01$). Основные межвидовые различия приходятся на "минорные" метаболиты (меньше 25% от общей концентрации), количество которых практически не меняется с понижением солености. Таким образом, реакцию на пониженную соленость демонстрировали мидии обоих видов, причем межвидовые различия были незначительны.

Работа выполнена в рамках гос. задания №122031100283-9.

**Грибы, ассоциированные с полухордовым кишечнотышущим
Saccoglossus mereschkowskii (Wagner, 1885) из Белого моря**

Ю.А. Кокуркина*, О.А. Грум-Гржимайло, О.В. Ежова

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*E-mail: honey.yulika02@mail.ru

Взаимодействие морских грибов с животными изучено в очень небольшой степени. Первые исследования относятся к началу XX века: Мортенсен описал болезнь морских ежей *Rhynchocidaris* и *Ctenocidaris*, вызываемую грибоподобным организмом *Echinophyces mirabilis*. Во второй половине XX века изучались взаимодействия морских грибов с другими иглокожими, мшанками, губками, кораллами, моллюсками, ракообразными. Взаимодействие морских грибов с полухордовыми кишечнотышущими до настоящего времени не исследовалось.

Кишечнотышущие – одиночные червеобразные животные, роющие норки в донном осадке или ведущие эпибентосный образ жизни. Их мягкое тело защищено только слизью, обильно выделяемой покровным эпителием. Gary M. King (1986) показал ингибиторную способность бромфенола полухордовых к подавлению микробиологической активности. Мы предположили, что слизь может также защищать кишечнотышущих и от морских грибов. В качестве удобного и доступного объекта для проверки этой гипотезы было выбрано беломорское кишечнотышущее из семейства Harrimaniidae – *Saccoglossus mereschkowskii* (Wagner, 1885).

Первый этап исследования начался летом 2021 года на ББС МГУ им. Н.А. Перцова и продолжился на биологическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова. Для проверки гипотезы были сделаны посевы *S. mereschkowskii*, ила и морской воды; по мере роста грибов осуществлялся их отсев в чистую культуру. При появлении грибов на животных предполагалось сравнить видовой состав грибов с таковым из ила и морской воды. По результатам этого этапа на посевах *S. mereschkowskii* не были найдены мицелиальные грибы. На пяти посевах предположительно были обнаружены дрожжи. В посевах морской воды и ила обнаружены и мицелиальные, и дрожжевые грибы.

Летом 2022 года работа была продолжена также на ББС МГУ им. Н.А. Перцова. Запланированы повторные посевы *S. mereschkowskii*, искусственное заражение грибами экземпляров кишечнотышущего *S. mereschkowskii*, вскрытие *S. mereschkowskii* и посев его внутренностей для выявления внутренней микофлоры, посев отдельно слизи *S. mereschkowskii*, проверка воздействия слизи на уже имеющиеся морские грибы, изучение микобиоты норки *S. mereschkowskii* и изучение покровов *S. mereschkowskii* с использованием сканирующей электронной микроскопии. По предварительным результатам на посевах *S. mereschkowskii* снова не были найдены грибы. Большинство промытых в стерильной морской воде, а затем зараженных грибами *S. mereschkowskii* оказались подвержены застанию с их стороны. Идентификация полученных образцов грибов будет проводиться по морфолого-культуральным признакам и молекулярным методом. Остальная часть работы продолжается.

**Внешняя морфология циприсовидных личинок *Facetotecta* и
определение границ их таксонов**

Г.А. Колбасов*, А.С. Савченко

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*E-mail: gakolbasov@gmail.com

До сих пор все описанные виды подкласса *Facetotecta* формально относились к единственному роду *Hansenocaris* Itô, 1985. С помощью сканирующей электронной микроскопии нами детально исследована тонкая морфология уникальных циприсовидных личинок *Facetotecta*, представляющих отдельные таксоны и собранных из разных мест Мирового океана. Нами выделены различные паттерны сегментации абдомена, наличие/отсутствие лабрума, особенности и различия в морфологии антеннул, торакоподов, тельсона и других структур, указывающие на наличие у фасетотект большего числа крупных таксонов, чем единственный род *Hansenocaris*. Нами определены морфологические границы самого рода *Hansenocaris* и общий план строения циприсовидных личинок *Facetotecta*. Хотя, оптимальным был бы интегративный анализ родственных связей фасетотект, включающий морфологический и молекулярный подходы, мы используем морфологические признаки Y-циприсов в кладистическом анализе для установления границ рода *Hansenocaris* s.s. Нами определены общие признаки для всех циприсовидных личинок фасетотект, включающие: шесть пар решетчатых органов, вместо пяти пар, рассматриваемых ранее как «ground pattern» для всех ракообразных класса Thecostraca. Мы также выявили плезиоморфные и апоморфные состояния признаков для всех известных Y-циприсов, которые отличают их от циприсовидных личинок остальных Thecostraca.

**Экспрессия генов половых и мультипотентных клеток
в развитии аннелид**

Р.П. Костюченко^{1*}, А.А. Амосов^{1,2}, А.М. Щербань¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: r.kostyuchenko@spbu.ru

Жизнь организма напрямую зависит от развития, эмбрионального и/или постэмбрионального, по мере которого наблюдаются процессы размножения и дифференцировки клеток. В ходе дифференцировки пролиферативный потенциал клеток чаще всего ограничивается частично или полностью. При этом стволовые клетки сохраняют недифференцированный статус даже во взрослом состоянии. Размножение клеток поддерживается за счет соматических недифференцированных или стволовых клеток, а восполнение пула половых клеток и размножение на уровне организма обеспечивается стволовой линией половых клеток. Одним из перспективных подходов к изучению стволовых популяций клеток является использование генов универсальной программы поддержания половых и мультипотентных клеток в качестве маркеров недифференцированного состояния клеток (Juliano et al., 2010). В настоящей работе проанализирована экспрессия целого набора генов половых, стволовых и мультипотентных клеток в ходе эмбрионального и постэмбрионального развития у беломорской полихеты *Alitta virens* и нескольких видов олигохет. Эти гены являются надежными маркерами линии половых клеток, которым принадлежит решающая роль в репродуктивном процессе всех организмов, размножающихся половым способом. Вместе с тем, экспрессия генов программы мультипотентных клеток наблюдается и в различных соматических тканях, включая брюшную нервную цепочку, головной мозг, переднюю кишку, мезодермальные полосы и зону роста, за счет которой происходит терминальный рост аннелид. Экспрессия этих генов *de novo* в ходе регенерации может указывать на локальную дедифференцировку клеток. Проект выполняется при поддержке гранта РФ 22-24-00443 с использованием оборудования РЦ РМИКТ СПбГУ.

**Динамика концентрации белка и ферментов антиоксидантной
системы в тканях девятииглой колюшки *Pungitius pungitius* L.
Бассейна Белого моря при изменении солености воды**

А.А. Кочнева, Л.П. Смирнов, Д.А. Ефремов, И.В. Суховская*

Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук,
Петрозаводск, Россия

*E-mail: sukhovskaya@inbox.ru

Для эвригалинных рыб, обитающих в эстуарных экосистемах, существенное колебание солености воды является одним из наиболее важных факторов окружающей среды, оказывающих влияние на гомеостаз организма (Kültz, 2015). Девятииглая колюшка *Pungitius pungitius* L. послужила модельным объектом для изучения воздействия осмотического стресса на организм рыб при их миграциях из открытого моря в прибрежные и пресноводные биотопы в ходе жизненного цикла. Окислительный стресс, возникающий вследствие осмотического шока, у эвригалинных организмов вызывает ответную реакцию системы антиоксидантной защиты (АОЗ), направленной на нейтрализацию избытка активных форм кислорода (АФК). Изучено влияние гипо- и гиперосмотического шока на активность ферментов системы АОЗ (супероксиддисмутаза (SOD), каталаза (CAT), гваякол-зависимая пероксидаза (Px) и глутатион S-трансфераза (GST) и концентрацию водорастворимого белка в тканях молоди колюшки девятииглой *Pungitius pungitius* L. Анализируемые группы рыб были подвергнуты последовательному выдерживанию в пресной и соленой (27–28‰) воде: группа 1/контроль — рыбы из эстуария р. Индёра бассейна Белого моря (соленость 18–22‰); группа 2/опыт — рыбы из эстуария, которых выдерживали 24 часа в пресной воде, после чего перемещали на 24 часа в соленую воду; группа 3/опыт — рыбы группы 2, которых выдерживали 1 час в пресной воде; группа 4/опыт — рыбы группы 2, которых выдерживали 24 часа в пресной воде. Экспонирование рыб попеременно в пресной и соленой воде в течение двух и трех суток приводило к статистически значимому снижению концентрации водорастворимого белка в тканях колюшки из 3 и 4 групп по сравнению с контролем, что, вероятно, связано с деградацией пептидных связей под действием стресса (Shakir et al. 2014; Giang et al. 2018), вызванного резкой сменой солености. Распад белка также может быть обусловлен отсутствием питания молоди колюшки в процессе экспонирования, т.к. молодь рыбы намного чувствительнее к голоданию, чем взрослые особи (Jafari et al., 2018). Наиболее восприимчивым ферментом к данному виду воздействия оказалась CAT, активность которой достоверно снизилась у рыб 3 и 4 групп по сравнению с контролем. Такая реакция может быть вызвана замедлением белкового обмена, возникающего при осмотическом стрессе (Lesser, 2006), или вследствие повышения количества АФК, которое приводит к нарушению функционирования белков, в том числе к ингибированию антиоксидантных ферментов (Valko et al., 2006; Heink et al., 2013). Активность гваякол-зависимой пероксидазы увеличилась в два раза у *P. pungitius* из группы 2 по сравнению с контролем в ответ на первое стрессовое воздействие. При последующем экспонировании рыб в пресной воде достоверного изменения активности Px не обнаружено. Активность SOD и GST в тканях колюшки не изменялась ни в одной из исследуемых групп. Результаты исследования дополняют имеющиеся знания о физиологической адаптации эстуарных рыб к гипо- и гиперосмотическому стрессу, об ответных реакциях системы АОЗ на стресс. Полученные данные могут быть использованы для оценки возможности промышленного разведения рыб в Беломоро-Баренцевом регионе. Исследования выполнены на оборудовании ЦКП КарНЦ РАН при финансовой поддержке ГЗ КарНЦ РАН FMEN-2022-0006 (№ г.р.122032100052-8).

**Новые данные о беломорских прибрежных водоемах, отделяющихся
от Белого моря**

Е.Д. Краснова^{1*}, Е.А. Лабунская¹, В.И. Лобышев¹, Д.А. Воронов²

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Институт проблем передачи информации Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: e_d_krasnova@mail.ru

Для характеристики условий обитания фотосинтезирующих организмов в меромиктических озерах на побережье Белого моря, где они нередко формируют окрашенные слои с высокой концентрацией клеток, были определены спектры пропускания света на разных горизонтах с помощью малогабаритного оптоволоконного спектрофотометра «Ocean Optics USB 400» (Ocean Insight, США) с погружаемым волоконно-оптическим зондом. Измерения спектров проводили в шести водоемах, в разной степени изолированных от моря: бухте Биофильтров, лагуне на Зеленом мысе, оз. Кисло-Сладкое, оз. Трехцветное, оз. Нижнее Ершовское, в куту губы Кислой и на морской акватории возле Беломорской биологической станции МГУ им. М.В. Ломоносова (ББС). Регистрировали спектр света при окне зонда, направленном вверх, опуская его на разную глубину. В момент записи спектра также регистрировали освещенность над водой с помощью квантометра LI-250A LightMeter (LI-COR Biosciences, США). Параллельно погружным насосом отбирали пробы воды с разных горизонтов для измерения в них спектров поглощения света на спектрофотометре Solar PV 1251 («Solar», Белоруссия).

В стратифицированных водоемах с аноксийной зоной, на границе которой развивается высокоплотное сообщество фототрофных серных бактерий, ниже него условия афотические. Поскольку в разных водоемах бактериальный слой расположен на разной глубине, толщина фотического слоя варьирует. Наиболее узкая она в оз. Трехцветное, где свет доходит лишь до глубины 2,1 м.

Во всех водоемах по направлению вниз спектр света становится уже из-за утраты коротковолновой части спектра: сначала синей, затем – зеленой.

Форма спектральных кривых в пресных и соленых водах различается. В пресных и меромиктических озерах с пресным миксолимниом синяя часть спектра отсекается в большей степени, чем в морских. Цвет пресной воды в этом регионе коричневатый из-за высокого содержания гуминовых веществ, которые сильно поглощают коротковолновый свет. Свет с длиной волны 450 нм практически отсутствует уже на глубине 1,4–1,9 м, с длиной 500 нм исчезает на 1,6–2,5 м, а на глубине 2 м в значительной степени ослабевает и желтая часть спектра. До глубины 2,5 м доходит свет с диапазоном длин волн 520–730 нм. На нижних горизонтах всех пресных водоемов (2–3 м) в области 600–616 нм есть «провал» пока не выясненной природы.

В водоемах с соленой водой коротковолновая часть спектра проникает глубже. На морской станции с глубиной 10 м до дна доходит, в основном, свет в диапазоне 500–650 нм. В «морскую» группу кроме станции в морской акватории возле ББС МГУ, бухты Биофильтров, и кута губы Кислой входят две лагуны – на Зеленом мысе и оз. Кисло-Сладкое. В бухте Биофильтров, верхние 4 м которой свободно обмениваются водой с морем, а ниже 7,5 м (на отливе) находится анаэробная зона, в ней спектральная кривая утрачивает также и область 528–540 м, совпадающую с диапазоном поглощения света каротиноидами. По всей вероятности, это кумулятивный эффект поглощения света фитопланктоном, распределенным по вышележащей толще воды, и аноксигенными фототрофными бактериями, формирующими окрашенный слой в зоне хемоклина.

Дальняя красная часть спектра (более 750 нм) во всех водоемах значительно ослабляется уже на глубине 1,4 м.

Распространение света в прибрежных водоемах с их многослойной структурой существенно отличается от такового в открытой части моря (Вазюля, Копелевич, 2012; Показеев и др., 2010).

Трематоды в сублиторальных сообществах Белого моря

Д.Ю. Крупенко^{1*}, Г.А. Кремнев^{1,2}, А.Г. Гончар^{1,2}, В.А. Крапивин¹,

А.А. Урядова¹, А.Е. Зеленская¹, О.В. Князева¹, А.А. Миролюбов²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: krupenko.d@gmail.com

Трематоды являются наиболее богатой видами группой паразитических организмов в морских экосистемах, однако данные по их разнообразию часто фрагментарны. Дополнительные проблемы создает обилие криптических видов среди трематод (Pérez-Ponce de León, Poulin, 2018) и наличие сложных жизненных циклов. В Белом море комплексные исследования фауны трематод, охватывающие сублиторальные сообщества, проводились достаточно давно, в 1950–60 гг. (Шульман, Шульман-Альбова, 1953; Чубрик, 1966). С тех пор не только значительно изменились подходы к изучению биоразнообразия, но и сами сообщества Белого моря претерпели ряд преобразований (например, были интродуцированы дальневосточные виды лососевых, происходили существенные колебания численности колюшки), и из-за этого возврат к данным вопросам является весьма актуальным.

В докладе суммированы результаты работы нашей научной группы за четыре года, задачами которой было определить разнообразие и распространение трематод, связанных с сообществами беломорской сублиторали, а также реконструировать их жизненные циклы. Исследования проводились в районе Керетского архипелага, Великой салмы (Кандалакшский залив) и Соловецкого архипелага (Онежский залив). Основными объектами исследования были трематоды семейств Derogenidae, Hemiuridae, Lecithasteridae, Zoogonidae, Fellodistomidae и Acanthocolpidae, использующие рыб в качестве окончательных хозяев. Кроме того, новые данные были получены для трематод сем. Brachycladiidae, мариты которых паразитируют в морских млекопитающих. Мы использовали комплексный подход, включающий стандартные паразитологические, молекулярно-генетические и современные морфологические методы.

Зараженность кишечными паразитами мы анализировали для девяти видов рыб: зубатка, сельдь, корюшка, треска, навага, керчак и три вида камбал. По результатам многомерного шкалирования рыб-хозяев на основе обилия трематод показано, что зубатка наиболее сильно отличается от других видов. Отдельный кластер образуют три вида камбал. Также, отмечено сходство трематодофауны трески и наваги, а также сельди и корюшки. Поскольку все исследуемые нами трематоды рыб попадают в них с пищей, мы сопоставляли данные по зараженности с результатами исследования питания у этих рыб.

Был пересмотрен видовой состав трематод, использующих беломорских рыб в качестве окончательных хозяев. Среди интересных находок оказался вид *Lecithaster salmonis*, который ранее был описан только из тихоокеанских вод. В Белом море его прежде описывали как два других вида рода *Lecithaster*, распространенных в Северной Атлантике. Причина этого – чрезвычайно высокая морфологическая вариабельность, отмеченная нами для *L. salmonis*. Также среди беломорских трематод обнаружено несколько комплексов криптических видов.

Данные по жизненным циклам были получены нами впервые для девяти видов трематод, среди них – первый расшифрованный жизненный цикл трематод из морских млекопитающих (*Orthosplanchnus arcticus*). В ряде случаев выясненные особенности реализации жизненных циклов позволяют объяснять разную зараженность близкими видами трематод. Например, по нашим данным жизненный цикл вида *Pseudozoogonoides subaequiporus* может протекать с участием как трех, так и двух хозяев, т.е. факультативно сокращаться. Следствием этого является большее обилие *P. subaequiporus* в зубатке по сравнению с другими видами того же семейства, имеющими треххозяинные жизненные циклы.

**Модели для изучения спикүлогенеза Doridina на примере
Onchidoris muricata (O.F.Müller, 1786)**

Е.Д. Лисова, Е.В. Ворцепнева

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

* E-mail: nikitenkocatia@yandex.ru

Doridina – крупная группа голожаберных моллюсков, стенка тела которых несет большое количество кальцитовых спикул. ранее было показано, что спикулы занимают субэпидермальное положение, подобно скелетам губок, восьмилучевых кораллов и иглокожих, а не раковинам и спикулам моллюсков. Полученные нами данные по строению покровов на разных стадиях постэмбрионального развития (с момента оседания до половозрелых особей) показали, что формирование спикул происходит внутриклеточно, в вакуолях специализированных клеток – склероцитов. На ранних стадиях развития спикулы имеют мощную, вероятно, коллагеновую матрицу, которая впоследствии минерализуется кальцитом. До сих пор остается не понятной природа склероцитов. Каким образом и на какой стадии они попадают в субэпидермальное пространство до сих пор остается не известно.

Настоящая работа посвящена изучению спикүлогенеза Doridina на примере *Onchidoris muricata* (O.F.Müller, 1786). Сбор материала производился в окрестностях Беломорской биологической станции МГУ им. Н.А. Перцова легководолазными методами, а также вручную на литорали. В работе применялись классические методы микроскопии, трехмерная реконструкция, а также экспериментальные методы.

Для изучения процесса спикүлогенеза нами было прослежено развитие *O. muricata* с момента размножения до стадии поздних велигеров и на этапе постэмбрионального развития. А также предложена модель регенерации для изучения закладки спикул *de novo*. Полученные нами данные позволили выдвинуть гипотезы о закладке и созревании спикул. Вероятнее всего, спикулы формируются клетками эктодермального происхождения, как и спикулы других Mollusca. Вероятно, эктодермальные предшественники склероцитов мигрируют в субэпидермальное пространство путем инвагинации в виде одиночных клеток или группами. Нами были найдены клетки-кандидаты в предшественники склероцитов, изучена их морфология и ультратонкое строение.

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

**Об организации сообществ макробентоса сублиторали
губы Чупа Белого моря: многолетний аспект**

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

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: n.maximovich@spbu.ru

Основная идея настоящей работы – повторение исследований сотрудников кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ (1987–90 гг.) и сравнительный анализ структуры сообществ макробентоса в верхней сублиторали губы Чупа в долговременном аспекте: 1967/68 гг. (сборы экспедиции лаборатории морских исследований ЗИН РАН) → 1987–90 гг. (сборы кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ) → 2021 г.

В июле 2021 г. нам удалось повторить съемку 1987–90 гг. на трех перпендикулярных к берегу разрезах на глубинах от 3 до 40 м: всего 18 станций. Режим пробоотбра: дночерпатель Ван Вина, площадь захвата 0,025 м², пять проб на станции. На каждой станции фиксировали температуру, соленость и брали пробы грунта для определения его состава и содержания органических веществ. Все организмы в пробах были определены до вида, просчитаны и взвешены. При анализе данных использовали многомерные процедуры статистических пакетов Primer 6, Past, AMBI (версия 6.0).

В устье губы Чупа в диапазоне глубин от 3 до 40 м в составе макрозообентоса в 1987–90 гг. отмечено 198 видов, а в 2021 г. – 129. В оба периода наблюдений в сборах преобладали двустворчатые моллюски (не ниже 50% биомассы). Степень диверсификации в организации макрозообентоса по разным показателям (абсолютные значения биомассы, классификация нормированных значений биомассы и респираторного индекса) проявилась в выделении от 3 до 5 сообществ в каждый из периодов наблюдений. Основные фонообразующие виды в оба периода наблюдений – *Arctica islandica* L. и представители рода *Astarte* sp.

За последние 30 лет для устьевой части губы Чупа характерны следующие черты организации макрозообентоса:

- увеличение средней плотности поселений в 5 раз (10 экз./м² vs 55 экз./м²) и уменьшение средней биомассы в 6 раз (36,7 г/м² vs 6,3 г/м²), при стабильной величине среднего респираторного индекса – 2,3;
- высокая степень сходства видового состава макрозообентоса по одноименным станциям 1987–90 гг. и 2021 г.;
- эффекты локальной гетерогенности в организации макробентоса в биотопах в наибольшей степени связаны с присутствием в грунте крупной гальки и мелких фракций песка, а также глубины и положения разреза (удаленность от кута губы).

Прямой сравнительный анализ макрозообентоса в ряду 1967/68 гг. → 1987–90 гг. → 2021 г. оказался невозможен в связи несоответствием режима и орудий сбора данных и положения разрезов (только один разрез сборов 1967/68 гг. совпал положением разрезов в 1987–90 гг. и 2021 г.). На данном этапе исследований у нас нет оснований считать, что отмеченные частные изменения в составе и распределении сообществ макрозообентоса в губе Чупа в долговременной динамике (1967/68 гг. → 1987–90 гг. → 2021 г.) следует однозначно толковать как имеющие характер тренда. Мы склонны видеть здесь, скорее эффекты популяционных волн фонообразующих видов и несоответствия режимов пробоотбора.

Тем не менее, характер изученных материалов позволяют нам заключить, что в период с 1967 по 2021 гг. основной биотический фон в макрозообентосе в устье губы Чупа на глубине от 3 до 40 м создает политопное сообщество *Astarte* sp. По данным 1987–1990 гг. оно занимает 70% станций наблюдений, в 2021 г. – 50% станций, а в 1967/68 гг. моллюски рода *Astarte* sp. доминанты, или заметный компонент в структуре сообществ.

**Взаимодействие мидий с бурыми и зелеными водорослями
в экспериментальных условиях**

С.С. Малавенда*, М.Н. Гоглев

Мурманский государственный технический университет, Мурманск, Россия

*E-mail: msergmstu@yandex.ru

Мидии и водоросли часто создают устойчивые ассоциации на побережье северных морей. Мидии являются объектом аквакультуры с высокой фильтрационной способностью и могут стимулировать фотосинтетическую активность водорослей (Tanaka et al., 2011). Зеленые водоросли рода *Cladophora* благоприятно влияют на биомассу и обилие моллюсков (Limburg et al., 2010), при этом обладают высокой устойчивостью к различным видам загрязнения и способны поглощать растворенную органику (Peskol, Rivers; 1995). На литорали Белого моря показано (Човган, Малавенда, 2017), что наибольшие скопления мидий наблюдается на бурых водорослях *Fucus vesiculosus* и зеленых – *Cladophora sericea*. В.М. Хайтовым и Л.А. Алексеевой (2005) предложена модель сосуществования мидий и нитчатых зеленых водорослей, в которой предполагается, что водоросли стимулируют рост моллюсков. Взаимодействия между мидиями и водорослями можно было бы использовать как в марикультуре, так и при проектировании плантаций-биофильтров.

Цель данной работы – описать взаимодействия моллюсков *Mytilus edulis* с *Cladophora sericea* и *Fucus vesiculosus* в экспериментальных условиях. Эксперимент проводили в июне-июле 2022 года на базе ББС ЗИН РАН в течение 15 суток. Мидий и водорослей попарно культивировали в стеклянных сосудах при постоянной температуре (10°C) и солености (24‰), с имитацией 12 часового светового дня, без смены воды (в условиях голодания) и перемешивания. Ежедневно измеряли количество кислорода, каждые пять суток измеряли морфологические параметры мидий и массу водорослей, у фукоидов оценивали длину таллома. Рассчитывали количество поглощенного кислорода за весь период эксперимента.

Выявлено, что у мидий, содержащихся с кладофорой, скорость роста длины раковины в три раза выше, чем у моллюсков, которые содержались с *Fucus vesiculosus*. Накопление массы зеленых водорослей происходит интенсивнее, чем в контроле. Фукусы, содержащиеся с мидиями, показали незначительный рост (0,4 мм/сут), у растений в контроле длина талломов осталась без изменений. Данные о скорости роста согласуются с результатами расчетов поглощенного кислорода. Максимальное поглощение кислорода наблюдалось у мидий, содержащихся без водорослей (2 мг/сут), в варианте мидии+фукусы наблюдалось минимальное поглощение кислорода (0,25 мг/сут). Во всех вариантах с *Cladophora sericea* кислород накапливался (от 0,8 до 1,2 мг/сут).

Таким образом зеленые водоросли *Cladophora sericea* оказывают значительный положительный эффект на рост и выживаемость *Mytilus edulis*. При совместном содержании мидий с фукоидами наблюдался меньший прирост раковины в условия голодания. При этом мидии также стимулируют рост и накопление биомассы у *Cladophora sericea* и *Fucus vesiculosus*.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 22-16-20046.

**Взаимоотношения между аллогенными и изогенными особями
Halichondria panicea (Pallas, 1766)**

П.А. Манойлина*, В.В. Халаман

Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: polinamanoilina@yandex.ru

Губки – обычный компонент эпифаунных сообществ, а инкрустирующая форма некоторых видов этих животных и их модульное строение приводит к тому, что губки чаще других седентарных организмов оказываются победителями в конкурентной борьбе за пространство (Russ, 1982; Халаман, Комендантов, 2016). Одним из механизмов как захвата ресурса, так и избегания конкурентов у модульных организмов и у губок, в частности, является корректировка форм роста (Franco, 1986). Поэтому целью данной работы было выявление особенностей роста губки *Halichondria panicea* при внутривидовой конкуренции. Для этого на полигоне в бухте Круглая, расположенной рядом с ББС ЗИН РАН «мыс Картеш» (губа Чупа Канда拉克шского залива Белого моря) был проведен следующий полевой эксперимент. На экспериментальные планшеты были прикреплены по два изогенных (взятых от одной особи) или аллогенных (взятых от разных особей) фрагмента губок. Размеры фрагментов были либо 4×4 см, либо 2×2 см. Контролем послужили планшеты, несущие только один фрагмент губки. В июне 2021 г. планшеты были вывешены в воде на глубине 3 метра без контакта с дном. В середине августа была произведена фоторегистрация результатов эксперимента. Морфометрические параметры губок определяли по фотоснимкам с помощью программы анализа изображений ImageJ. Для статистической обработки данных использовали двухфакторный дисперсионный анализ и метод сравнения выборок с попарно-связанными вариантами.

Результаты нашего эксперимента позволяют заключить следующее. Внутривидовая конкуренция между аллогенными особями губки *H. panicea* проявляется в уменьшении скорости роста конкурирующих особей. Конкуренция между изогенными особями *H. panicea* сильно ослаблена, либо отсутствует вовсе, а слияние изогенных фрагментов, по-видимому, приводит к увеличению общей потенции губки в захвате субстрата. Вместе с тем, губки *H. panicea*, не имеющие непосредственного контакта друг с другом, по-видимому, не способны различать аллогенная или изогенная особь составляет им конкуренцию. Губки *H. panicea*, находящиеся на расстоянии 1 см друг от друга, реагируют на присутствие конкурента. При этом, стратегия ослабления внутривидовой конкуренции у этих губок заключается в том, что особи стараются занять как можно больше площади субстрата до непосредственного контакта с конкурентом, ограничивая при этом свой рост в сторону конкурента.

Работа выполнена в рамках гос. задания №122031100283-9.

**Коллекции беломорского планктона в Зоологическом институте
Российской академии наук**

Д.М. Мартынова*, Н.Ю. Иванова, Т.Н. Кони́на

Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

**E-mail: daria.martynova@zin.ru*

Научная коллекция Зоологического института Российской академии наук (ЗИН РАН) насчитывает более 60 миллионов единиц хранения, включающих в себя и планктонные сборы, выполненные в ходе рейсов в Мировом океане за более чем столетний период. Несмотря на относительно небольшой размер Белого моря (в пределах границ Российской Федерации ему уступает только Азовское море), планктонные коллекции из этого внутреннего моря насчитывают около 6000 проб. Большая часть из них представлена сборами, выполненными на декадной станции Д-1 у мыса Картеш в Кандалакшском заливе Белого моря, начиная с 1957 г. Эти сборы представлены пробами, которые отбирают сотрудники Беломорской биологической станции ЗИН РАН каждые 10 дней в безледный период и минимум раз в месяц в период устойчивого ледового покрова по стандартной методике (Цыбань, 1980; Harris et al., 2000) с параллельным определением основных параметров среды (температура, соленость, содержание растворенного кислорода и биогенов, мутность, содержание хлорофилла). Описание частично представлено на информационном Интернет-ресурсе CoastalWiki (http://www.coastalwiki.org/wiki/Monitoring_keystone_components_of_sub-Arctic_foodwebs) и в международной онлайн-базе научных данных MetaBase IGMETS, International Group for Marine Ecological Time Series (<https://www.st.nmfs.noaa.gov/copepod/time-series/ru-10101/>). Часть проб параллельно со стандартным фиксатором (4% формалин) зафиксирована 96% этанолом. Более 2000 проб представлено эпизодическими сборами, охватывающими всю акваторию моря в период с 1898 по 1983 г. Особое внимание привлекают сборы, относящиеся к периоду до начала Второй мировой войны (1898–1939). Эта часть коллекции насчитывает более полутора тысяч проб, из которых наиболее ранние получены в ходе экспедиций на судах «Андрей Первозванный», «Персей», «Помор» в 1898–1914 (832 пробы). Активные исследования велись также с 1922 по 1939 г. Эта часть коллекции представлена, в основном, сборами экспедиций ГГИ, в которых принимали участие Е.Ф. Гурьянова и Г.С. Гурвич (941 проба). Особое внимание обращает на себя часть коллекции, относящаяся к раннему послевоенному периоду с 1945 по 1952 и представленная, в основном, сборами ВНИОРХ (М.А. Виркетис, 94 пробы). Следующий период (1967–1983 гг.) представлен сборами экспедиций под руководством А.Н. Голикова (1967, 1968, 1977 гг.), частично – ММБИ РАН и ЗИН РАН (разные годы) и насчитывает 239 проб. В настоящий момент ведется работа по внесению информации о пробах в базу данных информационно-поисковой системы "OCEAN" (Ананьева и др., 2020). Работа выполнена в рамках гос. задания №122031100283-9.

**Изменчивость термохалинного режима в проливе
Глубокая Салма (Белое море)**

А.Д. Маховиков*, Р.Е. Смагин

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

**E-mail: alexmakhovikov@gmail.com*

Пролив Глубокая Салма располагается в Кандалакшском заливе Белого моря между материком и островом Пежостров. В данном заливе располагается большое количество островов, которые разделены различными проливами. На циркуляцию воды здесь оказывают большое влияние приливно-отливные движения, а также пресноводный сток рек. В зимний период акватория покрыта льдом, который препятствует активному перемешиванию воды.

Система островов и проливов в устьевой области реки Кереть является давним местом проведения океанологической практики студентов кафедры океанологии СПбГУ. Поскольку практики проводятся обычно летом, то остальные сезоны до недавнего времени оставались практически неизученными. В последние годы удалось провести зимние измерения в этом районе Кандалакшского залива Белого моря, за счет чего появилась возможность сравнить зимнюю и летнюю структуру вод в проливе Глубокая Салма.

Анализ натурных данных показал, что в Глубокой Салме зимнее время у поверхности образуется тонкий распресненный слой благодаря замедленному перемешиванию воды из-за льда (эффект «твердой крышки»), а с глубиной соленость увеличивается только на 1–2 psu. В летний сезон выражена термическая стратификация: можно выделить верхний перемешанный слой мощностью около 10 м; с глубиной она уменьшается до 0...1°C. В зимнее время температура с глубиной вначале снижается от –0.5...–0.3°C до –1°C, после этого начинает увеличиваться до +1...+1.5°C, а затем снова уменьшается. Рост температуры происходит на горизонте 20...30 м, а вторичное уменьшение температуры – на глубинах свыше 60 м.

В итоге можно сделать вывод, что в Глубокой Салме в зимний и летний сезоны структура вод сильно отличается, особенно в верхних слоях (до 30-метрового горизонта). Соленость в летний период меняется по вертикали от 23 до 26.5 psu, а в зимний период – от 7 (у самой поверхности) до 26.5 psu. Температура в летний период убывает с глубиной, а в зимний период в ее вертикальном распределении наблюдается инверсия.

Авторы благодарят администрацию УНБ СПбГУ «Беломорская» за возможность работы в данном районе Кандалакшского залива Белого моря в зимний период.

Арктический эндемик *Laminaria solidungula* в Белом море

Т.А. Михайлова*

Ботанический институт им. В.Л. Комарова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: TMikhaylova@binran.ru

Арктический эндемик *Laminaria solidungula* J. Agardh широко распространен в Северном Ледовитом Океане. Он встречается на Аляске, в Канадской Арктике, Гренландии, на Шпицбергене и в морях российского сектора Арктики. Хотя большая часть популяций *L. solidungula* являются действительно арктическими, некоторые из них также известны из субарктических регионов, в частности, во фьордах острова Ньюфаундленд (South, 1983) и у северо-восточного побережья полуострова Лабрадор (Sharp et al., 2008). Прибрежные воды фотической зоны Белого моря по своим характеристикам являются скорее субарктическими. Находки в самых южных районах Арктики представляются весьма интересными, поскольку они могут позволить определить успешность выживания вида на южной границе его ареала в условиях потепления климата.

За многолетний период изучения флоры Белого моря было отмечено только четыре вида ламинариевых: *Chorda filum*, *Saccharina latissima*, *Laminaria digitata* и *Alaria esculenta* (Гоби, 1878; Зинова Е., 1928; Зинова А., 1950, 1953; Возжинская, 1980, 1986). Кроме того, на протяжении многих десятилетий, вплоть до начала 2000-х годов, экспедициями СевПИНРО в Белом море проводился мониторинг по оценке запасов промысловых водорослей; при этом другие ламинариевые обнаружены не были. Поэтому, вероятнее всего, находки *L. solidungula* являются результатом недавнего проникновения вида в Белое море.

Первая опубликованная находка *L. solidungula* в Белом море относится к району пролива Горло по данным сборов 2003 г. (Виноградова, Штрик, 2005). Но, к сожалению, в английской аннотации к данной публикации этот вид ошибочно указан как *Laminaria bongardiana* (вид из северной части Тихого океана). Эта ошибка приводит к путанице в понимании распространения ламинариевых в Белом море у не русскоязычного читателя.

В действительности самые первые экземпляры *L. solidungula* были обнаружены летом 1993 и 1996 гг. на глубине 6–7 м у мыса Печак и в проливе Печаковская Салма Соловецких островов. Несомненные таксономические признаки (дисковидная подошва и слизистые каналы в стволике) однозначно указывают на присутствие этого вида во флоре Белого моря в недавнем прошлом. Кроме того, экземпляр 1993 года имел спорангии, находящиеся на стадии развития спор.

Верхний температурный предел для гаметофитов *L. solidungula* составляет 19–20°C, для спорофитов – до 16°C (tom Dieck, 1992, 1993; Muller et al., 2009). Одновременное повышение температуры до 15°C и снижение солености до 25‰ являются факторами экологического стресса для физиолого-биохимических реакций вида (Diehl et al., 2020). Летом в проливе Печаковская Салма Соловецких островов средняя температура поверхности моря и соленость составляют соответственно 11°C и 26.5‰, зимой –1.3°C и 24.2‰ (Чугайнова, 2007). Таким образом, экологические условия в районе Соловецких островов не являются стрессовыми для *L. solidungula*, так как сочетание температуры и солености воды никогда не достигает критического уровня.

Существует два мнения относительно влияния глобального потепления климата на распространение *L. solidungula* в Арктике в будущем. С одной стороны, предполагается, в соответствии с прогнозом потепления климата на 2080–2099 гг. при одновременном снижении солености воды южные границы ареалов арктических видов будут смещаться дальше на север (Müller et al., 2009). С другой стороны, при повышении температуры на 4°C к 2100 г., фотосинтетическая активность, рост спор, гаметофитов и спорофитов *L. solidungula* не могут быть ингибированы (Roleda, 2016).

**Знакомые незнакомцы: об интерстициальных
брюхоногих моллюсках в Белом море**

А.Л. Михлина^{1*}, К.М. Йоргер², И.А. Екимова³

¹Беломорская биологическая станция им. Н.А. Перцова, биологический факультет,
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Баварская государственная зоологическая коллекция, Мюнхен, Германия

³Кафедра зоологии беспозвоночных, биологический факультет,
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*E-mail: mikhleanna@gmail.com

Многие представители надотряда Acochlidiiomorpha (Gastropoda: Heterobranchia) успешно освоили интерстициальную среду в морских водоемах. Из 47 описанных видов акохлидид 36 встречаются в морях (MolluscaBase, 2022). До сих пор из полярного региона был достоверно описан лишь один вид акохлидид — *Asperspina turmanica* (Kudinskaya & Minichev, 1978), обитающий в Баренцевом море. Помимо этого, существовали указания о находках интерстициальных брюхоногих моллюсков вида *Hedylopsis spiculifera* (Kowalevsky, 1901) в окрестностях Беломорской биологической станции МГУ. Однако более поздние исследования показали, что эти моллюски также принадлежат к роду *Asperspina*.

По внешнему строению обитающие в Белом море моллюски рода *Asperspina* более всего напоминают *A. turmanica* из Баренцева моря и *Asperspina rhopalothecta* (Salvini-Plawen, 1973), описанный из Средиземного моря. В отличие от этих двух видов, беломорские моллюски обитают в сублиторали на глубине 15–20 м. Два вида *Asperspina* были описаны из сублиторальных местообитаний: *Asperspina brambeli* (Swedmark, 1968) и *Asperspina loricata* (Swedmark, 1968). Однако, они отличаются от беломорских представителей по внешней морфологии и строению радулы. Предварительные исследования показывают, что в Белом море может обитать потенциально новый для науки вид интерстициальных брюхоногих моллюсков рода *Asperspina*.

В настоящей работе проводилось изучение внешней морфологии и внутренней анатомии моллюсков, а также исследование с помощью молекулярно-генетических методов. В работе применялись методы световой, сканирующей электронной микроскопии, а также построение трехмерных реконструкций по серии полутонких срезов.

Исследование выполнено в рамках научных проектов государственного задания МГУ №121032500077-8 и №122012100155-8 при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект №20-74-10012.

**Продуктивность в сообществах приморской растительности
Белого моря на Онежском полуострове**

Д.С. Мосеев^{1*}, Л.А. Сергиенко², Н.М. Махнович¹

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, Москва, Россия

²Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

*E-mail: vikingo29@yandex.ru

В настоящее время слабо изученным остается вопрос о распределении биомассы в растительных сообществах низких приливных берегов – маршей. Биомасса (фитомасса) – это основной показатель, по которому можно оценить продуктивность растительности биоценозов.

Исследования на биомассу растений проведены в приморских сообществах маршей разных районов побережья Белого моря на Онежском полуострове в августе–сентябре 2022 г.: мыс Чесменский, устье р. Вейга, на побережье Унской губы: устья рек Уна и Кинжуга, северо-западный берег у полуострова Заяцкий.

В отношении биомассы наиболее продуктивными оказались сообщества маршей среднего уровня, два раза покрываемые морскими водами в сизигийные приливы, где на илисто-глинистых осушках доминируют суккулентные галофиты (*Plantago maritima*, *Glaux maritima*) и крупные галофильные осоки, а также злаки и ситники. Средняя фитомасса в этих сообществах достигает 3337 г/м², а общее проективное покрытие (ОПП) – 60–90%. Фитомасса растительности сырого веса в сообществах с осокой *Carex mackenziei* составила 3150–7200 г/м², с *Plantago maritima* – 2750 г/м², с *Juncus gerardii* – 1475 г/м², в сообществах *Festuca rubra* + *Juncus gerardii* – 2950 г/м². Существенно ниже (1493 г/м²) фитомасса на маршах низкого уровня с илистыми грунтами, где также много суккулентных галофитов и злаковых трав, но заметно ниже покрытие видов (ОПП – 5–30%). В таких сообществах доминирует *Puccinellia phryganodes*, ее фитомасса составила 450–965 г/м², но заметно выше биомасса в сообществах суккулентов *Plantago maritima* (1725 г/м²), *Salicornia europaea* (1600 г/м²) и *Juncus gerardii* + *Triglochin maritima* (2725 г/м²). Довольно высокие показатели фитомассы в сообществах маршей высокого уровня, где доминируют крупные гигрофильные злаки, она составила 2395,0 г/м². В сообществе с *Calamagrostis langsdorfii* + *Festuca rubra* – 3500,0 г/м², в олигодоминантном сообществе *Juncus gerardii* + *Calamagrostis langsdorfii* + *Blysmus rufus* – 2950 г/м², *Festuca rubra* + *Juncus gerardii* – 1675–1950 г/м². В гигрофильном сообществе *Eleocharis uniglumis* + *Blysmus rufus* – 2100 г/м².

На литорали и сублиторали Унской губы значительные площади занимают сообщества морской травы *Zostera marina*. Биомасса морской травы в зоне литорали значительно ниже, чем в сублиторали, и составила соответственно 840–1900 г/м² и 2285–8100 г/м², что тесно связано с покрытием дна zostерой и биометрическими показателями литоральной и сублиторальной форм, а также влиянием солености, типа грунта и температуры воды.

Биомасса приморских сообществ маршей, литорали и сублиторали имеют значение не только для оценки продуктивности приморской растительности разных биотопов, но и как показатель структуры биоценозов и их хозяйственного значения. Благодаря большим запасам в Унской губе *Zostera marina* является важным источником питания водоплавающих птиц, а также образует сообщества со многими моллюсками, которыми питаются птицы и рыба (Мосеев и др., 2022). Крупные запасы zostеры в сублиторали могут быть вполне пригодны для нереста беломорской сельди, что требует дальнейшего изучения этого вопроса. Марши среднего и низкого уровня очень важны как кормовые угодья водоплавающих птиц, которые в массе гнездятся на побережье и останавливаются на побережье Белого моря в сезоны миграций. Это требует поддержания устойчивых показателей фитомассы в естественной среде обитания. Благодаря значительной фитомассе марши высокого уровня с развитой злаковой растительностью могут использоваться как сенокосные угодья.

Статистический анализ уловов беломорской сельди с 1910 по 2010 гг.

А.Д. Наумов*

Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: andrewnmv@gmail.com

Работа выполнена на фактических данных, опубликованных в работах Я.И. Алексеевой с соавторами (2010), В.Я. Бергера (2007), В.А. Зеленкова с соавторами (1995), В.В. Кузнецова (1960) и В.А. Стасенкова (2012).

Использованы методы линейной статистики, сингулярного спектрального анализа и фазовых портретов.

Надежность опубликованных данных для различных периодов неодинакова. Для 1891—1925 нет уверенности в полной сохранности архивов; для 1926—1990 обычная тогда практика «перевыполнения плана» могла приводить к завышению результатов промысла; для 1991—2010 возможно их занижение из-за разрушения системы учета и стремления избежать высоких налоговых выплат.

Сингулярное разложение исходного ряда данных дает два значимых тренда: основной и квазициклический. Максимум основного тренда (порядка 3200 т) приходится на 1930 г., а далее наблюдается его устойчивое снижение вплоть до 200 т в 2010 г. Квазициклический тренд продолжительностью 30—35 лет отражает наличие широко известных урожайных и неурожайных лет. Амплитуда этих осцилляций, также и как их продолжительность, на протяжении исследованного периода стабильно снижается.

Динамический фазовый портрет (сложение квазициклического тренда с его производной) показывает, что система постоянно уклоняется от предельного цикла и стремится к устойчивому фокусу, равному нулю. Фазовый же портрет сложения основного тренда с квазициклическим говорит о том, что каждые 35 лет система подходит к точке бифуркации, но на новый уровень стабильности не выходит, продолжая смещаться в сторону вымирания вида.

Трофическая цепь, к которой принадлежит беломорская сельдь, состоит из следующих звеньев: фитопланктон → зоопланктон → *Aurelia aurita* и *Clupea pallasii* → *Gadus morhua* (при этом беломорская треска почти не питается сельдью; Новиков, 1995).

В нестабильных абиотических условиях (что характерно для поверхностных вод Белого моря) более *r*-ориентированный вид неизменно оказывается в более выгодных условиях по сравнению с более *K*-ориентированным. *Aurelia aurita* с ее коротким жизненным циклом и неисчислимым потомством имеет серьезное трофическое преимущество перед *Clupea pallasii*, что и было недвусмысленно показано нашими английскими коллегами (Fisher et al., 2009). Это — еще одна дополнительная и весьма значительная нагрузка на воспроизведение запасов сельди.

В XX столетии дважды переходили к более прогрессивным методам лова: в 20-х годах и в 1965 г. Оба раза это незамедлительно приводило к резким падениям уловов и их последующему прогрессивному снижению. Судя по всему, аналогичные тенденции сохраняются и в будущем.

Это значит, что главный тренд сингулярного разложения, скорее всего, приблизительно к 2040—2050 г. совпадет с нулевым уровнем. Таким образом складывается вполне определенное впечатление, что беломорская сельдь — вид, последние сто лет интенсивно вымирающий по антропогенным причинам, смещающим трофическое преимущество в пользу медуз, и остановить этот процесс едва ли возможно. Есть все основания утверждать, что XXI век сельдь не переживет.

Работа выполнена в рамках гос. задания №122031100283-9.

**Личинки сельди *Clupea pallasii marisalbi* Berg
в прибрежной части Двинского залива Белого моря**

Л.В. Парухина, С.Б. Фролов, Г.В. Фукс

Северный филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»,
Архангельск, Россия
E-mail: paruhina@pinro.ru

Беломорская сельдь *Clupea pallasii marisalbi* Berg была и остается важным промысловым объектом Белого моря, несмотря на низкое освоение этого ресурса в последние годы, связанное с целым рядом причин (Фролов и др., 2022). В условиях слабой эксплуатации колебания запаса связаны в основном с естественными факторами, среди которых ведущим является численность пополнения. Быть поколению урожайным или нет, решается преимущественно на самых ранних этапах развития – во время инкубационного периода и вскоре после выклева личинок. Для успешного роста и развития личинкам необходимы соответствующие условия, поскольку в это время они очень уязвимы. Причинами, вызывающими гибель личинок сельди, могут быть механические повреждения, возникающие под воздействием ветра и волн, перепады температур, хищничество со стороны разнообразных животных, включая собственный вид, недостаток корма или его недоступность в период перехода на активное питание. В местах расположения нерестилищ сельди ежегодно производится количественный учет личинок и отмечается их состояние с целью предварительной оценки численности вновь формируемых поколений. В настоящей работе представлены материалы из Двинского залива, в вершинной части которого наблюдения выполняются с 2004 г. на пяти мониторинговых станциях, расположенных в губе Яндовой. Облов личинок осуществляется стандартным методом сетью ИКС-50 (Расс, Казанова, 1966). Из-за небольших глубин в основном облавливаются поверхностные слои воды. Обычно ежегодно выполняется две–три съемки с перерывом в несколько дней. Установлено, что за период с 2004 по 2021 гг. в среднем на один лов приходилось 36 личинок, при колебаниях от единичных особей до 282 штук на лов. В районе нерестилищ преобладали мелкие личинки 7–8 мм, подросшие особи встречались в значительно меньшем количестве, поскольку распределяются по акватории с движением водными масс. Самая крупная личинка с длиной тела 19 мм была встречена здесь в 2019 г. Чаще всего размерный ряд ограничивался особями 14–16 мм. Размерный состав во многом определялся сроками и количеством подходов сельди на нерест в конкретном году. Анализ питания показал, на начальном этапе пищевыми объектами личинкам сельди служат распространенные в прибрежной части залива организмы зоопланктона: науплиусы и копеподиты *Eurytemora* sp., коловратки *Synchaeta* sp. и *Asplanchna* sp., мелкие яйца беспозвоночных животных, реже используются *Acartia* sp., *Oithona similis*, Harpacticoida, личинки *Bivalvia*. Набор пищевых организмов зависит от сезонного развития зоопланктона и может незначительно меняться. Количество питающихся особей закономерно возрастает с увеличением размеров личинок. До 8 мм практически все они живут за счет эмбриональных запасов. При сравнении данных по количеству личинок и данных по численности соответствующих поколений сельди в возрасте 2+ в Двинском заливе, полученных по результатам тралово-акустической съемки, была отмечена выраженная связь. Явное несоответствие наблюдалось лишь в 2014 г., что может быть связано с особенностями года и сроками выполнения работ. Это, однако, не исключает имеющейся зависимости и возможности использования данных по численности личинок для предварительной оценки урожайности формирующихся поколений сельди. Период с 2013 по 2016 год можно признать благоприятным для воспроизводства сельди в Двинском заливе, в эти годы сформировались урожайные поколения, численность которых была оценена на уровне от 29.2 млн. до 72.2 млн. экз. В последующий период 2018–2020 гг. это привело к увеличению биомассы осенних скоплений в этом районе.

Бластогрегарины Белого моря

Г.Г. Паскерева^{1*}, Т.С. Миролюбова², А.И. Кудрявкина³, Т.Г. Симдянов³

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук, Москва, Россия

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*E-mail: gitapasker@yahoo.com

Бластогрегарины (Blastogregarinea) рассматриваются как группа, рано дивергировавшая от остальных споровиков и заслуживающая ранга класса наравне с Coccidia и Gregarinasina в подтипе Sporozoa (тип Apicomplexa). Бластогрегарины насчитывают четыре вида, относящихся к двум родам: *Siedleckia* и *Chattonaria* (Simdyanov et al., 2018). Наше исследование паразитофауны полихет *Naineris quadricuspida* (Fabricius, 1780), собранных в районе Керетского архипелага Белого моря, выявило двух новых представителей бластогрегарин. Проведенный анализ морфологии, тонкого строения и родственных связей бластогрегарин в сравнении с другими споровиками подтверждает, что бластогрегарины представляют собой самостоятельную ветвь Sporozoa и демонстрируют конвергентное развитие признаков, сходных с таковыми грегариин и кокцидий. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 22-24-00427.

**Морская звезда *Asterias rubens* как модель исследования клеточных
и молекулярных процессов поддержания гомеостаза**

**О.А. Петухова*, Н.С. Шарлаимова, С.В. Шабельников, Д.Е. Бобков,
О.А. Быстрова, М.Г. Мартынова**

Институт цитологии Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: petukhova@yandex.ru

Работа посвящена изучению закономерностей поддержания и восполнения популяции клеток целомической жидкости (целомоцитов) морской звезды *Asterias rubens*, представителя базальной группы нехордовых вторичноротых, являющейся сестринской для Chordata. Целомоциты выполняют различные функции у звезды, одна из которых защитная. Обновление клеток целомической жидкости происходит для обеспечения нормального тканевого гомеостаза и в ответ на инфекцию или травму. Работа направлена на изучение роли целомического эпителия в качестве источника целомоцитов. Особое внимание уделено малодифференцированным клеткам эпителия, которые были выдвинуты на роль предшественников отдельных типов целомоцитов. В исследовании использованы гистологические и иммунофлуоресцентные методы, а также ультраструктурный и протеомный анализы. Развитие исследований позволит оценить вклад дифференцировки/трансдифференцировки клеток или же стволовых клеток в поддержание и обновление гетерогенной популяции целомоцитов.

**Научный архив Лаборатории экологии морского бентоса
и гидробиологии: более полувека «игры всерьез»**

**А.В. Полоскин^{1*}, Д.А. Аристов^{1,2}, Е.О. Гаврилова^{1,3}, В.С. Котельникова¹,
В.М. Хайтов^{1,4}**

¹Эколого-биологический центр "Крестовский остров", Санкт-Петербург, Россия

²Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

³Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова,
Санкт-Петербург, Россия

⁴Кандалакшский государственный природный заповедник, Кандалакша, Россия

*E-mail: av@hydrola.ru

Основанная Е.А. Нинбургом в 1962 году, Лаборатория экологии морского бентоса в скором времени выросла из юннатского кружка при Зоологическом институте РАН в полноценную научную группу, которая в течение нескольких десятилетий успешно проводила научные работы, связанные с исследованием заповедной акватории вершины Кандалакшского залива Белого моря. Сменив несколько адресов и объединившись с Лабораторией гидробиологии при Ленинградском Дворце пионеров в 1992 году, научный коллектив расширил географию своих исследований, работая и на побережье Баренцева, Черного и Азовского морей, а также ряда пресноводных водоемов Северо-запада России.

Сегодня Лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии) – это уникальный коллектив из сотрудников научных организаций (Зоологический институт, Кандалакшский заповедник), студентов университетов Санкт-Петербурга, а также школьников старших классов, которые в рамках своего обучения выполняют исследовательские проекты, в основном – в области морской биологии. По материалам, собранным в ходе экспедиций ЛЭМБ (гидробиологии), вышло более 250 публикаций, защищены десятки курсовых и дипломных работ, а также несколько кандидатских диссертаций.

Основной формой отчета о научной работе Лаборатории традиционно является самостоятельная исследовательская работа, представляющая собой небольшую рукопись, обычно написанную школьником при участии научного руководителя. Структура рукописи при этом строго отвечает структуре научных статей. Несмотря на то, что зачастую работам такого рода недостает фундаментальности литературного обзора, а также должной статистической обработки, данные, которые ложатся в основу этих работ, можно признать вполне достоверными. Большое количество (свыше 730) самостоятельных исследовательских работ, значительный временной промежуток (с 1960х годов), а также разнообразие тематик исследований вызвало необходимость систематизации и создания своеобразного научного архива.

В 2010 году, приуроченный к 45-летию Лаборатории был выпущен аннотированный список работ ЛЭМБ (гидробиологии). В 2015 году он был дополнен работами 2010–2015 годов. Списки выложены в открытом доступе в виде pdf-файлов на сайте Лаборатории hydrola.ru. Начиная с 2019 года на этом же сайте в разделе "Библиотека" формируется открытый архив исследовательских работ Лаборатории, в котором представлены сканированные работы за весь период научной деятельности ЛЭМБ (гидробиологии). В настоящий момент оцифровано около 70% всех рукописей, хранящихся в библиотеке Лаборатории.

Мы считаем, что информация по видовым спискам, жизненным циклам массовых беспозвоночных, специфическим местообитаниям, экологии морских сообществ, а также результатам мониторинговых наблюдений, содержащаяся в электронном архиве ЛЭМБ (гидробиологии) безусловно представляют интерес для морских биологов, в особенности, специалистов по Белому морю.

**Зоопланктон как кормовая база трехиглой колюшки
Gasterosteus aculeatus в пелагических участках
Кандалакшского залива Белого моря**

**Н.В. Полякова^{1,2*}, А.С. Генельт-Яновская¹, Т.С. Иванова¹, М.В. Иванов¹,
Д.Л. Лайус¹**

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Институт проблем эволюции и экологии им. А.Н. Северцова Российской академии наук,
Москва, Россия

*E-mail: nvpnataly@yandex.ru

Зоопланктон играет значительную роль как кормовой объект для рыб планктофагов. В Белом море основными потребителями зоопланктона являются сельдь и колюшка. Эти виды рыб играют важную роль в экосистеме, являясь так называемой «осиной талией», поскольку в свою очередь активно потребляются хищными рыбами, в том числе ценными промысловыми.

В июне–августе 2020 года проведены исследования питания трехиглой колюшки как в прибрежье, так и в открытых участках Кандалакшского залива Белого моря. Параллельно с отловом рыб, отбирали пробы зоопланктона сетью Джели с 4 горизонтов – от 40 метров до поверхности, каждые 10 метров. Так же отобраны пробы на прибрежных участках, в местах присутствия колюшки. Каждый раз сбор проводили в 4 пелагических участках и соответствующих им прибрежных.

В августе 2019 года, когда впервые были отобраны пробы на питание колюшки в пелагических участках моря, было показано, что на значительном удалении от мест нереста в рацион рыб входило всего 11 таксонов. Самым важным компонентом при этом был планктонный рачок *Podon leuckarti* (Cladocera), его доля составляла около 90%. При этом в пробах зоопланктона, взятых в той же точке, *P. leuckarti* практически отсутствовал. Массовым компонентом сообщества зоопланктона была *Microsetella norvegica* (Copepoda), их доля в общей численности составляла около 25–50%, а в поверхностных слоях – 75%. Можно предположить, либо *P. leuckarti* активно избирается рыбами, либо рыбы питались этим рачком достаточно далеко от того места, где они были выловлены.

В 2020 году были продолжены работы по изучению питания колюшки и зоопланктона в пелагиали Белого моря и его сравнению с прибрежными акваториями. Численность зоопланктона на пелагических станциях колебалась от 12 тыс. экз./м³ до 132 тыс. экз./м³. Максимальные показатели были зарегистрированы в поверхностном слое (0–10 м). Преобладающими формами на более глубоких горизонтах являлись *Triconia borealis*, (преимущественно ювенильные формы) и *Pseudocalanus* sp. Ближе к поверхности увеличивалась доля *Microsetella norvegica*, достигая в отдельных случаях 80 тыс. экз./м³ и составляя более 60% общей численности.

В целом в зоопланктоне преобладали мелкие формы. Крупные организмы встречались скорее единично. Так, численность *Metridia longa* в начале июня лишь на самой удаленной пелагической станции достигла 120 экз./м/куб.м в горизонте 30–40 м. на остальных станциях ее численность не превышала 20 экз./куб.м. *Calanus glacialis* представлен практически исключительно копеподитными стадиями (2–3). Интересно отметить, что ювенильные особи, наоборот, преобладали на наиболее приближенных к материк станциях 1 и 2. На прибрежных станциях крупные веслоногие рачки отсутствовали. *Parasagitta elegans* присутствовала постоянно, причем единичные крупные особи отмечены в более глубоких горизонтах, а ближе к поверхности наблюдали скопление мелких стрелок численностью до 320 экз./куб.м.

Работа поддержана грантом РНФ № 22-24-00956. Также авторы выражают благодарность администрации УНБ СПбГУ «Беломорская» за возможность проведения научной работы на Белом море.

**Влияние экспериментального изменения освещенности
на мейобентос литорали Белого моря**

Д.А. Портнова^{1*}, Л.А. Гарлицкая¹, А.С. Есаулов², Ю.А. Мазей³

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, Москва, Россия

²Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*E-mail: daria.portnova@gmail.com

На литорали губы Грязной Чернореченского эстуария Кандалакшского залива Белого моря летом 2019 г. были проведены полевые мезокосменные эксперименты по изменению уровня освещенности (контроль – 0%; мало освещенный участок – 7%; частичное затемнение – 38%; полное затемнение – 99%). Эксперименты были проведены в трехкратной повторности. В составе многоклеточного мейобентоса было зарегистрировано 8 таксонов высокого ранга. Доминирующим таксоном среди мейобентоса были Nematoda (70% от общего обилия), вторая по обилию группа – Harpacticoida (19%). Разнообразие и плотность мейобентоса достоверно уменьшалось при полном затемнении по сравнению с другими вариантами, которые не отличались между собой по этим показателям. Всего было определено 27 видов нематод. Самым многочисленным видом нематод на всех станциях был *Mesacanthion marisalbi*, вторым по обилию был вид *Daptonema setosum*. Разнообразие сообщества нематод не менялось в зависимости от уровня освещенности. Однако степень затемнения оказала влияние на численность нематод: с уменьшением солнечного света обилие уменьшалось. Harpacticoida представлены 11 видами из 9 семейств. На двух точках доминировал вид *Heterolaophonte minuta*, а на третьей – *Mesochra lilljeborgii*. Субдоминантами выступили *Huntemannia jadensis* и *Tachidius discipes*.

**Влияние колебаний pH, солености и температуры воды
на поведенческие реакции церкарий трематод**

В.В. Прокофьев*

Псковский государственный университет, Псков, Россия

*E-mail: prok58@mail.ru

В жизненном цикле трематод одна из свободноживущих фаз представлена церкарией. Во внешней среде церкарии решают две основные биологические задачи – это дисперсия инвазионных единиц в пространстве и передача паразита следующему хозяину. Для успешного выполнения указанных задач церкарии обладают комплексом биологических адаптаций, в число которых входят и такие поведенческие ориентировочные реакции, как фото- и геореакции. На реализацию этих реакций потенциально могут оказывать влияние такие абиотические факторы, как температура и минерализация воды. Кроме того, в последние десятилетия на фоне повышения температуры отмечается существенное повышение уровня CO₂ в атмосфере, что приводит к закислению вод Мирового океана. Это может негативно отразиться на гидробионтах, в том числе и на свободноживущих личинках гельминтов, паразитирующих в морских животных. В связи с этим нами была начата серия экспериментальных работ по изучению влияния колебаний pH, температуры и солености воды на различные стороны биологии церкарий беломорских трематод. Работы проводили на базе Беломорской биостанции Зоологического института РАН. Объектами исследований послужили церкарии литоральных трематод *Cryptocotyle concava*, *Himasthla elongata* и *Maritrema subdolum*. Опыты проводили при значениях температуры воды 8°C, 12°C, 16°C, 20°C и 24°C, солености 12‰, 18‰, 24‰, 30‰ и 36‰ и pH 6.5, 7.0, 7.5, 8.5 и 9.0.

Результаты проведенных экспериментов по определению влияния колебаний pH на фотореакции всех исследованных церкарий показали, что в диапазоне pH 7.0–8.5, и температуры 12°C – 24°C характер распределения личинок в градиенте освещенности практически не изменяется. Церкарии *H. elongata* и *M. subdolum* демонстрируют отрицательную, а *C. concava* – положительную фотореакцию. Изменения солености воды во всех случаях не оказывало влияния на дисперсию личинок в градиенте освещенности. Незначительное ослабление в проявлении фототаксиса при всех значениях температуры и солености воды отмечается при значениях pH 6.0, 6.5 и 9.0 и проявляется в более равномерном распределении личинок в градиенте освещенности. Ослабление фотореакции отмечено для всех исследованных церкарий и при температуре воды 8°C при всех значениях pH и солености, что связано, на наш взгляд, со снижением двигательной активности церкарий при низких температурах.

Наблюдения за геореакциями исследованных церкарий показало, что в диапазоне pH 7.0–9.0, и температуры 12–24 °C характер распределения личинок по вертикали практически не изменяется. Личинки *H. elongata* и *M. subdolum* демонстрируют положительную, а *C. concava* – отрицательную геореакцию. Изменения солености воды во всех случаях не оказывало влияния на вертикальную дисперсию личинок. Отклонения в характере геореакции в диапазоне температуры 12–24 °C при всех значениях солености начинают проявляться при значениях pH 6.0 и 6.5. Наиболее отчетливо это проявляются у церкарий *H. elongata* и выражается в том, что реакция из положительной становится слабо отрицательной, т.е. личинки концентрируются преимущественно в средних и верхних слоях воды. У церкарий *C. concava* и *M. subdolum* изменения выражаются в ослаблении реакции и более равномерном распределении личинок по вертикали. При температуре воды 8°C при всех значениях pH и солености для всех исследованных церкарий отмечается увеличение концентрации личинок в нижних слоях воды, что, как и случае с фотореакциями, связано, на наш взгляд, со снижением их двигательной активности при низких температурах.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ: № 18-14-00170.

**Генетические корреляции редукции медузоидной стадии
у гидроидов *Sarsia lovenii* (Hydrozoa: Corynidae), выявленные
при сравнительном анализе генетической экспрессии**

А.А. Прудковский^{1*}, С.В. Кремнев^{1,2}

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: aprudkovsky@wsbs-msu.ru

Сложный жизненный цикл гидроидных включает пелагическую медузоидную и донную полипоидную стадии развития. Медузоидные особи, гонофоры, развиваются на донных гидроидах и формируют гонады после отрыва медузы от материнской колонии. Редукция медузоидного поколения — широко распространенная эволюционная тенденция среди гидроидных. Редуцированные медузоидные особи утрачивают многие черты строения свободноплавающей медузы и формируют половые продукты, не отрываясь от материнской колонии. Молекулярные механизмы редукции медузы у гидроидных пока мало изучены. Ранее для Белого моря была описана сложная популяционная структура гидроидных *S. lovenii*, которая включает две гаплогруппы с разными типами гонофоров, а также доказана возможность гибридизации между этими гаплогруппами. Целью нашей работы был сравнительный анализ генетической экспрессии развивающихся гонофоров у разных гаплогрупп гидроидных *S. lovenii* из Белого моря. В работе использовали колонии гидроидов *S. lovenii*, собранные в акватории беломорской биостанции им. Н.А. Перцова. Развивающиеся гонофоры (медузоидные почки и медузоиды) отрезали от полипов и выделяли из них образцы тотальной РНК. Подготовка библиотек и секвенирование образцов было выполнено в коммерческой фирме. В целом, было получено более миллиарда прочтений длиной 100 пар нуклеотидов. Оценку качества секвенирования выполняли с помощью программы FastQC. Для сборки транскриптомов была использована программа SPADES. Качество сборки оценивали с помощью BUSCO при сравнении с коллекцией универсальных генов-ортологов эукариот, metazoa_odb10. Было выяснено, что согласно оценке BUSCO, собранные референсные транскриптомы двух морфотипов *S. lovenii* содержат 941 (96.3%) полноточных и 8 (0.8%) фрагментированных транскриптов. Полученные транскрипты были транслированы в белковые последовательности с помощью программы TransDecoder. Для определения качественных различий экспрессии генов в ходе развития медузных и медузоидных почек, мы использовали транслированные последовательности транскриптомов, которые анализировали с помощью алгоритма BlastP в программе Blast+ (NCBI). Для аннотации выявленных последовательностей использовали сравнение с базой данных NCBI для белковых последовательностей «nr», а также с опубликованным и аннотированным транскриптомом гидроидных *Clytia hemisphaerica* (<http://marimba.obs-vlfr.fr/>).

Проведенный сравнительный анализ транскриптомов разных морфотипов позволил выявить некоторые гены, которые могут участвовать в проявлении фенотипических различий между медузоидными почками нормального строения и редуцированными гонофорами у *Sarsia lovenii*.

Работа поддержана грантом РФФИ № 21-74-00129.

**Антропогенная деятельность как фактор дифференциации рельефа
побережья Западного Беломорья**

Ф.А. Романенко*, Н.Н. Луговой

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

**E-mail: faromanenko@mail.ru*

Побережья Западного Беломорья (Кандалакшский, Карельский, северная часть Поморского и западная часть Терского берегов) – колыбель горной промышленности России. Здесь располагается Чупинский горный район, где добыча слюды-мусковита и кварц-полевошпатовых пегматитов началась в XVI в., продолжалась до начала XVIII в. (петровская ломка хозяйственного уклада), и возобновилась в начале 1920х гг. еще на 80 лет усилиями инженера К.Л. Островецкого (1889–1938) и геолога П.А. Борисова (1878–1963). Первый рудник Мурманского горно-промышленного товарищества, созданного Островецким, основан в 1922 г. на Панфиловой Вараке. Разнообразный антропогенный рельеф – карьеры, отвалы, обогатительные фабрики, дороги, дамбы, пристани (например, в Пояконде и в губе Черной), уже стал частью природной среды, интенсивно зарастая лесом и разрушаясь. Некоторые из перечисленных объектов превратились в ядро стихийных свалок. В XV–XVI вв. Соловецкий монастырь организовал в береговых поселениях Северной Карелии и Кольского п-ва сеть соляных варниц, где изготавливали соль «морянку». По данным Мурманского краеведческого музея, в XVII в. на Кольском полуострове действовало около 20 варниц, добывавших до 60 000 пудов соли в год. Как писал в 1856 г. С.В. Максимов, соль была неважного качества, но на изготовление одного ее пуда (16 кг) требовалась кубическая сажень (9,71 м³) дров. Поэтому на Терском берегу появились пустыни (самые крупные — у сел Кузомень и Чаваньга) площадью тысячи га, образованию которых способствовали также привязное животноводство и пожары. Ветры раздувают кладбища, обнажая останки, и после сильных ветров жителям приходится откапывать огороды и улицы. Несмотря на многолетние героические усилия лесников, сажающих лес, эоловые процессы продолжают. На о. Медвежий в Кандалакшском заливе в 1732–33 гг. архангелогородцы Ф. Прядунов, Е. Собинский и Ф. Чирцов основали серебряно-свинцовый рудник, брошенный лишь в 1883 г. По материалам Кандалакшского государственного заповедника, до настоящего времени сохранилось восемь затопленных шахт 1730–1740-х гг. глубиной до 70 м, обширные заросшие отвалы. Федор Савельевич Прядунов (1694–1753) затем стал «прадедушкой» отечественной нефти, основав в 1745 г. на р. Ухте первый в России нефтепромысел. Леса привлекли внимание промышленников в последние десятилетия XIX в. Возникли лесозаводы (в том числе три только в Ковде), которые на короткое время стали главной отраслью экономики Беломорья. С 1970–90-х гг. они не работают, но следы их деятельности прекрасно видны – обширные приморские террасы, сложенные толщами опилок и других отходов производства мощностью до 8 м (например, в п. Лесозаводском). Сотни метров побережья завалены бревнами и пнями, изменившими литодинамический режим берегов. Крупнейшими событиями в жизни рельефа стало строительство в 1914–16 гг. Мурманской ж/д и в 1963–76 гг. – автомобильной дороги М-18 Ленинград–Мурманск. На обширных площадях появился целый комплекс антропогенных форм: сотни выемок и полувыемок в скалах и моренах, миллионы кубометров насыпей и дамб, десятки мостов и водопропускных труб, линии связи, гигантские объемы перемещенного грунта при пересечении болотных массивов, сотни карьеров ПГС и щебня, множество разного рода рельефоидов (по Л.Л. Розанову), в т.ч. жилых и производственных зданий, строительство которых также потребовало планирования рельефа и укладки грунта. Все перечисленное образует на берегах Западного Беломорья обширный и своеобразный комплекс рельефа, который постепенно становится частью ландшафта. Работа выполнена в рамках госзадания кафедры геоморфологии и палеогеографии Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова № AAAA-A16-11632810089-5.

**Распределение эктопаразитов и метацеркарий *Cryptocotyle* spp.
на теле трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus*
в Кандалакшском и Онежском заливах Белого моря**

Е.В. Рыбкина

Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: onebat@yandex.ru

Трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus* – это небольшая эвригалинная рыба, широко распространенная в водах северного полушария. Всюду, и в пресноводных, и в морских водоемах колюшка несет свой специфический комплекс паразитов, представленный в разных местах разной степенью полноты (Шульман, Шульман-Альбова, 1953). В Белом море у колюшки в летний период количество эктопаразитов высокое, практически все эктопаразиты специфичны для нее. Ранее для Белого моря показаны зараженность и интенсивность инвазии колюшки гиродактилюсами, объединенные для двух видов *Gyrodactylus arcuatus* и *G. rarus*, которые встречались совместно. В данной работе изучали распределение эктопаразитов на разных участках тела рыбы, в том числе для двух видов гиродактилюсов. Паразитов подсчитывали на всей поверхности тела, в носовых ямках, в ротовой полости, на плавниках, жабрах и жаберных крышках. Всего было вскрыто 350 мальков из Кандалакшского и Онежского заливов и 124 половозрелые особи трехиглой колюшки из Кандалакшского залива.

У взрослых рыб отмечено пять видов эктопаразитов: *Gyrodactylus arcuatus*, *G. rarus*, *Thersitina gasterostei*, *Trichodina* sp., *Apiosoma* sp. У мальков – 4 вида – все те, что у взрослых рыб, за исключением *Apiosoma* sp. Взрослые рыбы и мальки заражены также *Cryptocotyle* spp., который является эндопаразитом, но хорошо виден при осмотре поверхности тела.

У взрослых рыб самые богатые по количеству видов на рыбу – сообщества жаберных паразитов. Одновременно на жабрах живут от 1 до 4 видов. Среднее количество видов на рыбу различается в разные годы (однофакторный дисперсионный анализ ($p = 0,008$)), от $1,8 \pm 0,18$ в 2011 и меньше всего в 2014 г (1 вид). Так же, на жабрах колюшки обнаружены цисты метацеркарий *Cryptocotyle concavum*. Среднее количество видов эктопаразитов на жабрах различается недостоверно у рыб из разных мест ($p = 0,9$), однако при включении в анализ эндопаразита *Cryptocotyle concavum*, в лагуне Колюшковая за счет высокой экстенсивности инвазии и интенсивности инвазии этого паразита, на жабрах встречается больше видов. Экстенсивность инвазии *Trichodina* sp. взрослых рыб 66–100% в разные годы, 50% встречались на жабрах. Совместно на жабрах встречены *Gyrodactylus arcuatus* и *G. rarus*, индекс обилия *G. arcuatus* выше во всех исследованных местообитаниях, за исключением губы Сельдяная 2012 года, когда преобладал *G. rarus*. *Thersitina gasterostei* (под жаберными крышками) была встречена преимущественно у колюшек из лагуны Колюшковая.

Количественной оценки инфузорий не проводилось, экстенсивность инвазии *Apiosoma* sp. очень мала (6% на поверхности тела и 1% в ротовой полости взрослых рыб). Триходин встречали на поверхности тела и на жабрах. Наиболее многочисленный эктопаразит – *G. arcuatus* – встречается на поверхности тела, на жабрах, на плавниках, во рту, носовых ямках. *G. rarus* обитает преимущественно на жабрах колюшек. На жабрах экстенсивность инвазии и интенсивность инвазии двух видов гиродактилюсов зависит от места обитания рыб. У мальков эктопаразиты были встречены на поверхности тела и на плавниках – 1758 экз. *G. arcuatus* (ЭИ 79%) и 1 *G. rarus*, *Trichodina* sp. (ЭИ 66,4%). На жабрах встречались *Trichodina* sp. У мальков жабры маленькие и подходящий размер для *Gyrodactylus rarus* видимо с размера малька 25 мм и выше. Метацеркарии *Cryptocotyle* spp. в основном локализируются в плавниках и под кожей в районе головы. Только при сильной интенсивности инвазии малька, цисты метацеркарий обнаруживаются во внутренних органах.

Работа выполнена в рамках гос. задания №122031100283-9.

**Планктонное сообщество Белого моря перед ледоставом: структура,
трофические связи, оценка продуктивности**

А.Ф. Сажин*, Н.Д. Романова, С.А. Мошаров, А.Ф. Пастернак, А.В. Дриц

Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: andreysazhin@yandex.ru

Сведения о структуре и функционировании планктонной биоты в поздне-осенний период, непосредственно перед ледоставом и в период формирования сезонных льдов в Белом море практически отсутствуют. Полученные в конце ноября 2013 г. данные позволяют частично заполнить пробел. В конце ноября первичная продукция и хлорофилл характеризовались низкими величинами (не более 0,065 мкгС/л в час и 0,085 мкг/л, соответственно). Водоросли содержали высокий процент феофитина (54–64%). Переменная флуоресценция и фотоакклиматизационный индекс были очень низкими, то есть характеризовали собой низкую потенциальную активность фитопланктона. Видовой состав планктонных водорослей в конце ноября отличался рядом особенностей. Среди пико- и нанопланктона преобладали одиночные цианобактерии, численность мелких автотрофных форм не на много превышала обилие гетеротрофных жгутиковых. Более крупные диатомовые водоросли (при относительно широком видовом богатстве) по численности менее чем в 2 раза превышали концентрацию гетеротрофных перидиней. Значения общей численности бактерий мало различались в прибрежье и в глубоководной части пролива Великая Салма, а также на разных глубинах, меняясь от 260 до 475 тыс.кл./мл. Доля активно дышащих клеток при этом была достаточно низкой, варьируя от 8 до 17% общей численности бактерий. То есть, основная часть бактерий перед ледоставом находится в неактивном состоянии и не принимает участия в функционировании планктонного сообщества перед ледоставом.

Анализ проб зоопланктона верхнего 100 метрового слоя, позволил выявить виды, сохранившие пищевую и репродуктивную активность в сезон перехода от осени к зиме. Это были мелкие виды *Oncaea borealis* и *Tisbe furcata*. 10–12% самок этих видов несли яйцевые мешки, в лабораторных условиях из них появились науплии. Эти копеподы, также как *Pseudocalanus minutus* и *Temora longicornis* содержали пищу в кишечнике, причем растительного происхождения. Личинки моллюсков *Limacina helicina* питались наиболее активно. Многочисленные самки *P. minutus* и *Oithona similis*, не размножались, как и редко встречавшиеся *Calanus glacialis*. Наиболее растянутый период размножения был у *O. borealis*, эврифага, обитающего в более глубоких слоях воды. Оценка питания по флуоресценции растительных пигментов в кишечнике выявила потребление растительной пищи копеподами *O. borealis*, *P. minutus*, *T. longicornis* на уровне нескольких процентов от массы тела в сутки. Кишечники *O. similis* и *Acartia longiremis* были пусты, но самки этих видов содержали заметные жировые запасы. Особи крупного вида *C. glacialis* не питались, зато содержали большие липидные запасы. По-видимому, этот вид-доминант уже находится на глубине в диапаузе. Таким образом, в период смены сезонов, в частности осенью, перед ледоставом, наиболее интенсивно функционируют микробные пищевые сети, хотя и их основной компонент – бактерии, активны лишь частично. Об этом свидетельствует и соотношение автотрофных и гетеротрофных форм, видовой состав фитопланктона, результаты измерений физиологической активности клеток, а также данные по первичной продукции.

**Биологические ресурсы Белого моря,
проблемы и перспективы рыболовства**

А.В. Семушин*, С.Б. Фролов

*Северный филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»,*

Архангельск, Россия

**E-mail: andr774@yandex.ru*

В настоящее время запасы водных биоресурсов Белого моря находятся на стабильном среднесезонном уровне и выше, однако, при этом объемы добычи остаются невысокими. Основная проблема недоиспользования запасов кроется в разрушенной инфраструктуре прибрежных рыболовецких промыслов, несовершенстве нормативно-правовой базы, непопулярности данного вида деятельности среди молодого поколения в регионах. Одним из трендов последних лет является также расширение площади особо охраняемых природных территорий, включающих, как правило, наиболее продуктивные акватории моря, в том числе исторические места промысла.

Современная геополитическая ситуация требует более эффективного использования запасов ВБР внутренних морей РФ, Белое море в этом плане может рассматриваться как перспективный водоем в части добычи таких видов как беломорская сельдь, навага, азиатская корюшка, гренландский тюлень, макрофиты, в том числе в части развития марикультуры.

Официально зарегистрированный общий вылов беломорской сельди в 2021 составил 131 т, что ниже среднего уровня прошлых лет. Низкий уровень добычи не отражает состояния ее промыслового запаса и значительно ниже прогнозируемых величин. В период с 2018 по 2022 г. промысловый запас находится на уровне 12,5 тыс. т. С 2017 г. наметилось падение уловов, которое продолжилось и в 2018 г., когда вылов составил 364 т. После 2018 г. вылов неуклонно снижался. В 2019 году было выловлено 233, в 2020 – 122 т. В 2023 г., согласно экспертной оценке, промысловый запас сельди составит 11,5 тыс. т, при этом рекомендуемая величина вылова составит 2,2 тыс. т.

Последние два десятилетия промысловый запас наваги в Белом море используется также слабо. Вылавливается всего 10–20% от рекомендуемого вылова (20–40%, если использовать экспертную оценку нелегального и любительского лова). Ожидается, что промысловый запас в 2023 г. будет несколько ниже уровня последних лет и составит 4000 т.

Азиатская корюшка, специализированный промысел которой ведется на нерестовых скоплениях в некоторых реках Карелии, в последние годы вызывает интерес у рыбаков. В 2021 году вылов составил 13,3 т.

Анализ современных данных промысловой статистики вылова водорослей показал, что фактическое освоение ресурсов ламинариевых водорослей в 2021 г. существенно не отличалось от уровня заготовок прошлых лет, составив 1005,08 т сырца (2,9% от величины рекомендованного изъятия). Современные заготовки фукоидов не превышали 0,5 тыс. т сырца в год, исключение составил 2019 г., когда объем добытых водорослей увеличился до 2 тыс. т. В 2021 г. освоение запасов фукусовых водорослей составило 3% от величины рекомендуемого изъятия. Промышленниками ведутся разработки механических орудий лова режущего типа для повышения эффективности промысла.

**Флористический комплекс берегов Белого моря:
состав, экология, особенности распределения**

Л.А. Сергиенко^{1*}, Д.С. Мосеев²

¹Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

²Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: saltmarsh@mail.ru

Растительный покров приморских экосистем побережий Белого моря является уникальным флоро-ценотическим комплексом, образовавшимся в контакте трех зон – эстуарной, морской и прибрежной, этот комплекс демонстрирует высокие показатели биоразнообразия и биопродуктивности (Сергиенко, 2008, 2012; Мосеев, Сергиенко, 2016). Данный комплекс приурочен к арктическим аккумулятивным берегам, где имеются значительные приморские осушки (марши) и пляжи. Наиболее богаты приморскими видами приатлантический сектор (Белое–Баренцево моря) – 68/49 таксонов и притихоокеанский сектор (Чукотское–Берингово моря) – 47/71 таксон. Ядро комплекса на Белом море составляют эварктические облигатные виды с европейским и евразийским ареалами (виды рр. *Puccinellia*, *Carex*, *Plantago*, *Atriplex*) с низким уровнем плоидности, доминирующие на илистых первичных маршевых осушках. На уровне семейств – на побережье Баренцева моря отсутствуют представители сем. *Parnassiaceae*, на побережье Белого моря – представители сем. *Ranunculaceae*, *Plumbaginaceae*; на уровне родов – на побережье Баренцева моря отсутствуют рода (8): *Bolboschoenus*, *Blysmus*, *Spergularia*, *Parnassia*, *Angelica*, *Cenolophium*, *Conioselinum*, *Crepis*. На побережье Белого моря отсутствуют рода (2): *Armeria* и *Arctanthemum*. Анализ распределения эколого-ценотических групп видов приморской флоры по берегам Белого моря показывает доминирование облигатных галофитов в сообществах на Поморском, Карельском и Абрамовском берегах Белого моря. (*Ruppia maritima*, *Puccinellia maritima*, *Blysmus rufus*, *Bolboschoenus maritimus*, *Juncus atrofusus*, *Salicornia europaea*), факультативных галофитов (*Arctophila fulva*, *Puccinellia capillaris*) на Зимнем и Абрамовском берегах Белого моря. Число толерантных галофитных видов (миогалофитов), встречающихся по берегам Белого моря одинаково на всем их протяжении (8–10 видов). В широтной арктической фракции на побережье Белого моря отсутствуют такие виды, как циркумполярный вид *Puccinellia tenella*, амфиокеанический вид *Armeria scabra*. Состав широтной гипоарктической фракции практически не меняется в составе приморской флоры Белого моря и представлена облигатными галофитами рода *Atriplex* – *A. nudicaulis*, *A. patula*, европейским видом – *Primula finmarchia*, евразийским видом *Rhodiola rosea*, и толерантным евразийским видом *Conioselinum tataricum*. Бореальная фракция представлена: европейским видом – *Agrostis stolonifera*, амфиокеаническими видами осок (*Carex mackenziei*, *C. paleacea*, *C. recta*, *C. salina*), являющимися ценозообразователями на задернованных маршевых почвах, евразийскими облигатными видами – пионером зарастания осушек *Tripolium vulgare* и *Spergularia marina*. Плюризональные виды – представители вторично-водных растений (*Zostera marina* и *Ruppia maritima*) отмечены на побережьях обоих морей. Относительно низкое таксономическое разнообразие флористического комплекса в условиях высокой вариабельности среды и относительной изоляции восполняется формообразованием, что подтверждается выделением систематиками таксонов разного ранга для большинства приморских видов высших растений из сем. *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Brassicaceae*, *Rosaceae*, *Asteraceae* (Сергиенко, 1982, 1983, 1988, 1989). В развитии первичных сообществ преобладают процессы сингенеза, приморские виды являются создателями растительности. Для них характерен длительный процесс сукцессионных смен. В комплексе прослеживается корреляция между структурной сложностью местообитания и видовым разнообразием приморской флоры. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20-54-71002 Арктика_т.

**Редукция, перегруппировка, слияние и гипертрофия: эволюция
мышечной системы у полиморфных зооидов хейлостомных мшанок**

**К.М. Серова^{1,2}, Е.В. Беликова², О.Н. Котенко², А.Е. Вишняков², Е.А. Богданов², О.В. Зайцева¹,
Н.Н. Шунатова², А.Н. Островский^{*,2,3}**

¹Зоологический институт, Российская академия наук, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³University of Vienna, Vienna, Austria

*E-mail: oan_univer@yahoo.com

Морфо-функциональный полиморфизм модулей, также известный как "разделение труда", является широко распространенным явлением, которое независимо возникало в ряде групп водных беспозвоночных и хордовых беспозвоночных. Полиморфные зооиды особенно разнообразны у Cheilostomata, эволюционно одной из наиболее успешных групп в составе типа Bryozoa. Наиболее разнообразными среди полиморф хейлостомат являются авикулярии и вибракулярии, действующие как защитные, отпугивающие, очистные и локомоторные "колониальные органы". В то время как их скелетные признаки интенсивно изучались, исследованиями мягких тканей в значительной степени пренебрегали, что затрудняет эволюционные интерпретации. В данном исследовании мы сравнили мышечную систему 5 контрастных типов этих полиморф у 10 видов из 8 родственных, а также удаленных семейств хейлостомат. В отличие от преобладающего мнения, мы обнаружили, что структурные и функциональные изменения, затрагивающие мышечную систему во время эволюционного перехода от аутозоида к полиморфам, были значительно более разнообразными и сложными, нежели просто "вестигиализация". Эти изменения включали атрофию, гипертрофию, перестройку (перегруппировку и перемещение мышечных пучков), слияние, приобретение асимметрии мышц, а также замещение гладких мышц поперечнополосатыми и др. У продвинутых вибракуляриев, по-видимому, развилось асинхронное сокращение первоначально синхронно работающих мышц. Некоторые из этих модификаций были отмечены нами во всех типах авикуляриев, в то время как другие были характерны только для определенных таксонов или полиморфных категорий. Наше исследование показало, что не только скелетные, но также и мягкие части полиморф эволюционно были очень лабильными, и модифицировались в различной степени и в разных направлениях.

***Eurytemora gracilicauda* Akatova, 1949 – новый вид
на литорали Белого моря**

Н.М. Сухих^{1*}, Е.Б. Фефилова²

¹Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

²Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения

Российской академии наук, Сыктывкар, Россия

*E-mail: natalia.sukhikh@zin.ru

В 2015 году в результате исследования зоопланктонного сообщества наскальных ванн Кандалакшского залива Белого моря впервые был выявлен массовый вид *Eurytemora gracilicauda*. Типовое местообитание для вида находится в эстуарии р. Колыма, типовой материал утерян. До 2015 года данный вид в Белом море определяли, как *Eurytemora affinis* (Poppe, 1880). В ходе исследований стало понятно, что найденная *Eurytemora* привлекала внимание исследователей и раньше. В 1993 году вид был описан практически из тех же ванн как *Eurytemora brodskyi* Kos, но типовой материал также не сохранился. Сравнение беломорской популяции *Eurytemora* с рисунками первоописания *E. brodskyi*, а также с сородичами из эстуария р. Печоры, дельты р. Лены и с о. Врангель по морфологии и по данным нуклеотидных последовательностей участков генов COI и 18S рРНК показали их идентичность друг другу. Небольшие различия наблюдались между популяциями по гену COI и составляли всего 0.4–1.4%.

Работа выполнена в рамках гос. заданий 122040600025-2 (Е.Ф.) и 122031100274-7 (Н.С.), при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ: 20-04-00035 А (Н.С.). В работе были использованы материалы коллекции ЗИН РАН.

**Как делить нишу: эврибионты *Oithona similis*
и *Microsetella norvegica* в Белом море**

Н.В. Усов^{1*}, Д.М. Мартынова¹, В.М. Хайтов^{2,3}

¹Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³Кандалакшский государственный природный заповедник, Кандалакша, Россия

* E-mail: nikolay.usov@zin.ru

Исследование основано на данных многолетних наблюдений (гидрология, зоопланктон), которые проводятся с 1961 года в районе Беломорской биологической станции ЗИН РАН (губа Чупа, Кандалакшский залив Белого моря). *Microsetella norvegica* и *Oithona similis* входят в группу наиболее массовых зоопланктонных видов в исследуемом районе и в целом в Белом море. Оба вида – эврибионты, характеризующиеся очень широким распространением: *M. norvegica* отмечена в планктоне от субтропиков до Арктики (Uye et al., 2002; Svensen et al., 2018), *O. similis* имеет предположительно всесветное распространение (Cornils et al., 2017). В районе биостанции и *O. similis*, и *M. norvegica* присутствуют в планктоне круглый год (Usov et al., 2021). Однако только *O. similis* размножается в течение всего года, на что указывает присутствие науплиев даже в зимний период. При этом пик численности обоих видов приходится на самый теплый период года (июнь–август), у *O. similis* он намного более протяженный по сравнению с *M. norvegica*. Эти виды имеют разнонаправленные тренды многолетней динамики численности: если численность *M. norvegica* повышается примерно с начала 1970-х гг., то численность *O. similis* снижается в течение того же периода. В годы с ранним развитием *M. norvegica* существует тенденция к более позднему и более обильному развитию *O. similis*. Смещение фенологических сроков двух многочисленных видов позволяет снизить напряженность конкуренции за пространство, однако неясным остается вопрос о причинах наблюдаемых многолетних трендов. Вероятно, фенологическими смещениями не удастся полностью скомпенсировать конкурентное давление, что приводит к постепенному увеличению доли одного из видов. По данным литературы, пищевые спектры *O. similis* и *M. norvegica* перекрываются довольно слабо. *O. similis* предпочитает подвижные объекты: показано, что этот вид активно питается микрозоопланктоном, но также использует в качестве пищи опускающиеся фекальные пеллеты копепод (Gonzalez, Smetacek, 1994). *M. norvegica* использует детрит, в частности, детритные агрегаты, как источник питательных веществ (Green, Dagg, 1997; Koski et al., 2005). Присутствие *Oithona* spp. на детритных агрегатах пока описано лишь в одной работе (Green, Dagg, 1997), однако мы предполагаем, что пищевые спектры этих видов в Белом море перекрываются гораздо сильнее. В данный момент отрывочные данные не позволяют сделать однозначные выводы. Для понимания механизмов возможного взаимодействия этих видов в пелагических экосистемах Белого моря необходимы, как минимум, сезонные исследования особенностей их питания экспериментальными методами и определение жирнокислотного состава разных стадий развития в дополнение к имеющимся данным по динамике их популяций.

Работа выполнена в рамках гос. задания №122031100283-9.

**Влияют ли метацеркарии *Himasthla elongata* (Himasthlidae),
на силу прикрепления мидий (*Mytilus edulis*)?**

Д.Д. Федоров*, А.А. Ковалев, К.Е. Николаев

Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: daniil.fedorov@zin.ru

Мидия (*Mytilus edulis*) является вторым промежуточным хозяином для трематоды *Himasthla elongata* (Himasthlidae). Для завершения своего цикла, метацеркарии должны попасть в морских птиц. При заражении мидии церкариями *Himasthla elongata*, личинки, в большинстве своем, инцистируются в ноге моллюска, тем самым, вероятно, повреждая биссусную железу (Lauckner, 1983). Поэтому нами было проведено исследование силы прикрепления мидий свободных от инвазии, и особей, зараженных метацеркариями *Himasthla elongata*.

Ранее было показано, что метацеркарии *Curtuteria australis* (Himasthlidae), так же поражают ногу, и могут влиять на поведение второго промежуточного хозяина – двусторчатого моллюска – *Austrovenus stutchburyi*, не давая ему закапываться в грунт, тем самым делая моллюска легкой жертвой для окончательного хозяина (Mouritsen, 2002).

Материалом для исследования послужили беломорские мидии, отобранные с искусственных субстратов марикультуры близ Беломорской биологической станции «Картеш» ЗИН РАН. Были отобраны моллюски одной возрастной когорты – 3 года. Средняя длина раковины – 27.1 мм. Семьдесят пять моллюсков были заражены церкариями *H. elongata* и столько же составили контрольную группу свободных от инвазии особей. Далее животные экспонировались на искусственных субстратах (в индивидуальных ячейках на керамических пластинах) в течение одного, трех и шести дней. После чего у мидий измерялась сила прикрепления к субстрату (пиковое значение в момент отрыва от субстрата) при помощи электронного динамометра (МЕГЕОН 53020, Россия). Кроме того, учитывалось количество образованных каждой мидией биссусных бляшек. Затем мидии были вскрыты для определения зараженности метацеркариями.

Результаты эксперимента показали достоверные различия в силе прикрепления зараженных и незараженных моллюсков к субстрату. Зараженные мидии прикреплялись значительно слабее (ANOVA, $p < 0.05$) к субстрату, чем здоровые. Длительность экспозиции также достоверно (ANOVA, $p < 0.001$) влияла на силу прикрепления – с увеличением экспозиции мидии крепче крепились к субстрату. Максимальную силу прикрепления животные демонстрировали на шестой день экспозиции, здоровые особи прикреплялись в среднем в 1,4 раза крепче. Количество биссусных бляшек, образуемых мидиями, также сильно зависело от зараженности моллюсков. Зараженные мидии образовывали значительно меньше биссусных бляшек (ANOVA, $p < 0.05$), чем мидии из контрольной группы. С увеличением экспозиции количество образованных мидиями бляшек достоверно возрастало (ANOVA, $p < 0.001$). Максимальное количество биссусных бляшек животные образовали на шестой день экспозиции, причем зараженные формировали в среднем в 1.3 раза меньше бляшек, чем здоровые. Взаимодействие факторов длительности экспозиции и зараженности было недостоверным как для силы прикрепления, так и для количества образованных мидиями биссусных бляшек.

Таким образом, полученные результаты говорят о том, что метацеркарии трематоды *H. elongata* влияют на силу прикрепления и количество формируемых биссусных бляшек *M. edulis*, тем самым, оказывая существенное патогенное воздействие на хозяина.

Работа выполнена в рамках гос. задания №122031100283-9.

**Русская Лапландия в исследованиях ученых Академии наук
(К.М. Бэр, А.И. Шренк) в первой половине XIX в.**

Т.Ю. Феклова *

Санкт-Петербургский филиал института истории естествознания и техники
им. С.И. Вавилова, Российская академия наук, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: tat-feklova@yandex.ru

Одним из первых, поднявших вопрос об исследовании внутренних частей Лапландии, стал академик Карл Максимович Бэр. В начале 1837 г. К.М. Бэр и директор Зоологического музея Федор Федорович Брандт через Академию наук обратились с письмом к министру народного просвещения Сергею Семеновичу Уварову о необходимости исследования северных регионов России, приводя в качестве аргумента тот факт, что «Гренландия, Шпицберген и другие северные территории зарубежных стран достаточно полно изучены и только север России совсем еще не обследован».

Почти одновременно, в 1839 и 1840 гг. Академия наук снарядила две экспедиции на территорию Лапландии: 1. Экспедиция, возглавляемая К.М. Бэром; 2. Экспедиция Вильгельма Николаевича Бётлингга и Александра Ивановича Шренка.

В 1839 г. Бэр предложил, чтобы в Лапландию отправились геолог В.Н. Бётлингк и биолог А.И. Шренк. Свой выбор Бэр обосновал тем, что геология данного региона абсолютна неизвестна научному сообществу, «ибо мы не знаем, как здесь продолжается формация Скандинавских гор». Бэр также указывал о том, что северные берега Скандинавии достаточно изучены иностранными исследователями, прежде всего французами (речь шла о французской экспедиции под руководством Ж.П. Гемара, работавшей на северных участках Шпицбергена, Дании и Норвегии в 1838, 1839 и 1840 гг.). Однако, Лапландия все еще оставалась *terra incognita* для российских ученых.

Предполагалось, что маршрут В.Н. Бётлингга пройдет от Торнио (современная городская коммуна в Финляндии) в Колу и дальше вдоль всей Русской Лапландии до р. Поной. На этом пути он должен был проводить геологические исследования, А.И. Шренку поручалось собрать сведения о разведении хлебных растений и домашних животных. Путь исследователей лежал через Гельсингфорс, Торнио, р. Кемь, Нотоозеро к городу Коле, потом по р. Поной. Бетлинг посетил побережье Лапландии.

В октябре 1839 г. А.И. Шренк и В.Н. Бётлингк вернулись в Петербург. В результате этой экспедиции были получены ценные данные о пределе распространения лесов на севере Европейской части России. Впоследствии известный ботаник Ц. Кох, исследовавший Крайний Север европейской части России, назвал в честь А.И. Шренка морской подорожник (*Plantago schrenkii*).

К.М. Бэр в 1839 года совершил экспедицию в Лапландию. В 1840 г. К.М. Бэр вместе с богатейшими ботаническими и зоологическими коллекциями вернулся в Петербург. Сопровождавший Бэра в этой экспедиции Александр Федорович Миддендорф собрал коллекции по орнитологии, малакологии и по геологии Лапландии.

Экспедиции, организованные для изучения северных регионов, были важным звеном для обеспечения государственного суверенитета России над Арктическим регионом и вовлечение его в экономическую и политическую жизнь страны.

**Системные исследования динамики сложной
социо-эколого-экономической системы «Белое море и водосбор»**

Н.Н. Филатов¹, П.В. Дружинин², В.В. Меншуткин³

¹Институт водных проблем Севера Карельского научного центра
Российской академии наук, Петрозаводск, Россия

²Институт экономики Карельского научного центра
Российской академии наук, Петрозаводск, Россия

³Институт проблем региональной экономики
Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: nfilatov@rambler.ru

Изучена динамика не только экосистемы моря, но и процессов, происходящих на его водосборном бассейне в экономике, окружающей среде и социальной сфере. В работе разработаны подходы к оптимальному управлению сложной социо-эколого-экономической системой Белого моря и водосбора (для краткости – Беломорья).

Разработаны когнитивные модели Беломорья как инструмент синтеза разнородных сведений о сложной системе. Применяется концептуальное моделирование и математический аппарат непрерывной или размытой логики. Создано необходимое информационное обеспечение: геоинформационные системы; базы данных; комплексный электронный и бумажный атласы Белого моря и его водосбора, оригинальные 3-D математические модели термогидродинамики и экосистемы моря, изучены закономерности изменений климата, гидрологических условий и рыболовства, используются модели для оценки состояния и прогноза развития экономики региона. Продемонстрирована динамика элементов модели за 100 лет, показано, что экономические параметры мало зависят от изменений климата, в то время как эти изменения оказывают заметное влияние на уровень жизни населения и экосистему Белого моря. Они проявляются в колебаниях температуры воды, биомассы фито- и зоопланктона, вылова рыбы, но мало заметны в изменениях бентоса. Показана зависимость оттока населения Беломорья от размеров валового регионального продукта, наличия производственных фондов и качества воды.

Созданная система дает возможность определения важных для достижения устойчивого развития региона целевых показателей, направленных на оценку возможностей повышения уровня жизни населения, рационального использования и охраны окружающей среды, развитие социальной сферы Беломорья. Результаты могут служить основой для построения моделей, необходимых для разработки систем поддержки принятия управленческих решений.

**Организация сообществ макробентоса мягких грунтов
губы Чупа Белого моря: многолетний аспект**

Н.А. Филиппова*, А.В. Герасимова, Н.В. Максимович

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: n.a.filippova@spbu.ru

Исследование межгодовых изменений структуры сообществ макробентоса мягких грунтов было проведено на основе материала, собранного на трех литоральных участках в акватории Керетского архипелага Белого моря в 1983–2013 гг. Анализируемые контрольные участки отличались биотопической неоднородностью (характеристики грунта, степень закрытости акваторий, соленостный режим). Это песчаный пляж в мористой прибойной зоне, и два илисто-песчаных пляжа в полузамкнутой и практически замкнутой акваториях. Последний расположен вблизи устья реки Кереть, а также находится под влиянием озерного стока, соответственно испытывает небольшое распреснение. Расстояние между участками не превышает нескольких километров.

За изученный период на трех контрольных участках всего обнаружено 65 таксонов макробентоса. При этом только 18 таксонов были общими для трех участков (без учета многочетинковых червей, их идентификация при «многолетнем» мониторинге проводилась крайне редко, и они объединялись в общий таксон *Polychaeta* var.), и 10 таксонов – общими для всех станций.

На двух участках были отмечены значительные изменения в структуре макробентоса, вплоть до смены доминирующих по биомассе видов. Так, на участке 1 с 2009 года в качестве субдоминантного вида появилась морская трава *Zostera marina*, которая с 2010 года стала преобладать по биомассе в нижнем горизонте литорали, а с 2012 и в верхней сублиторали, и соответственно, потеснила с доминирующих позиций *Macoma balthica* и *Arenicola marina*. На участке 3 также были отмечены значительные колебания биомассы макрофитов *Z. marina*, а также практически последовательная смена доминирующих по биомассе представителей макрозообентоса – *Macoma balthica* и *Mya arenaria*.

Исследование сопряженности колебаний численности и биомассы массовых видов показало, что большинство таксонов демонстрируют независимое изменение показателей обилия. Однако на участках, где по биомассе доминировали морские травы, изменение в отдельные годы количества обнаруженных достоверных корреляций между таксонами, как по численности, так и по биомассе, происходило в соответствии с колебаниями биомассы *Zostera marina*. Кроме того, неоднократно были обнаружены корреляции *Zostera marina*, нитчатых водорослей и *Fucus vesiculosus* с биомассой и численностью отдельных представителей макрозообентоса. Примечательно, что на самом распресненном участке (2), характеризующимся наиболее выровненным таксономическим составом, а также отсутствием серьезных межгодовых изменений в составе сообщества, практически не обнаружена сопряженность в распределении таксонов макробентоса.

Не удалось обнаружить одинаковые климатические и гидрологические показатели или сочетания последних, которые бы объясняли межгодовые изменения показателей обилия макробентоса сразу на всех контрольных участках, не смотря на их незначительную удаленность друг от друга.

Таким образом, проведенные исследования показали, что структура макробентоса мягких грунтов в осушной зоне и верхней сублиторали в районе Керетского архипелага отличалась пространственно-временной гетерогенностью, в которой можно видеть отражение биотопической неоднородности местообитаний, особенностей межвидовых отношений и динамики структуры поселений доминирующих видов. На фоне относительно стабильных климатических, гидрологических и эдафических условий значимые изменения в структуре беломорских литоральных донных сообществ мягких грунтов в основном были определены естественными изменениями структуры поселений доминирующих таксонов.

**Возможность использования параметров отолита для определения возраста
лиманды (*Limanda limanda*) в губе Чупа Белого моря**

Г.В. Фукс

Северный филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»,
Архангельск, Россия
E-mail: fuksg@mail.ru

Возрастная структура популяции имеет решающее значение для оценки запаса. Определение возраста часто происходит путем подсчета годовых колец на сколах отолитов, таким образом, давая относительную долю рыб в каждой возрастной категории. Хотя эта техника обеспечивает оценку возраста с высокой точностью, но есть два основных недостатка: определение правильного значения возраста требует определенной степени мастерства, метод занимает много времени. Альтернативные методы оценки возраста являются объективными и гораздо менее затратные по времени.

Материал собран в береговых командировках и научно-исследовательских рейсах Северного филиала ФГБНУ «ВНИРО» в период 2012–2021 г. Всего обработано 247 отолитов (172 самок и 75 самцов). Возраст рыбы определялся с помощью отолитов по методу слома и обжига (Christensen, 1964; Chilton, 1982). У большинства видов камбал рост самок и самцов различается (Lozan, 1989), соответственно все расчеты проводились для обоих полов. Определение длины и ширины отолита проводилось под биноклем, толщина измерялась толщиномером TP 25-100Б, взвешивание выполнялось на весах A&D GR-120.

В процессе проведения работ измерены длина, ширина, толщина и масса отолитов для выявления наиболее тесно связанных между собой признаков. Рассчитаны коэффициенты корреляции зависимости возраста рыбы от параметров отолиметрии выявлено, что самые высокие значения коэффициентов по зависимости возраст рыбы – масса отолита, причем это отмечено для обоих полов. Одновозрастные самки имеют большие значения длины и массы чем самцы (Шерстков, 2007; Стесько, 2014), а увеличение размеров рыбы тесно связано с возрастом, соответственно рост отолитов происходит по таким же зависимостям. Проанализирована возможность использования четырех параметров отолита для определения возраста лиманды. Зависимости между возрастом и длиной, шириной, толщиной и массой отолита выражены логарифмической функцией.

Исследователями доказана зависимость размеров рыбы и размеров отолита, в том числе возможность определения возраста по длине и массе отолита (Pawson, 1990; Anderson, 1992; Cardinale, 2004; Otolith weight..., 2004; Relationships..., 2010; Bermejo, 2014; Use of otolith..., 2014). В частности, М. Кардинале (Cardinale, 2000) выявил тесную связь между массой отолита и возрастом у морской камбалы и атлантической трески, и рекомендовал этот метод, поскольку он является объективным, экономичным, и легким для выполнения в определении возраста.

Ввиду отсутствия сведений об использовании длины или массы отолита для определения возраста ершоватки Белого моря, цель данного исследования – оценить возможность применения этого метода.

В результате обработки данных получены средние значения массы отолита для определения возраста лиманды. При этом что для большей точности определения возраста необходимо иметь не менее 10 особей одного возрастного класса самцов и самок, о чем отмечено у Н.И. Чугуновой (Чугунова, 1959). Как правило, в распоряжении исследователя имеются средние возрастные классы. По результатам наших исследований установлено, что зависимость возраст рыбы – масса отолита сильнее, чем по остальным параметрам отолита. Таким образом, эту зависимость можно использовать как экспресс-метод для определения возраста камбалы лиманды. Однако традиционный метод определения возраста, как правило, наиболее точен при работе со старшими возрастными группами. Метод позволяет привлекать к определению возраста исследователя любой квалификации при наличии репрезентативной и постоянно пополняемой базы данных.

**Фауна немертин Белого моря
с кратким обзором истории ее изучения**

Е.М. Чабан^{1*}, И.А. Чернева²

¹Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*E-mail: echaban@zin.ru

Немертины являются трудной в изучении, а потому слабоизученной в Арктике группой морских беспозвоночных. Данные по фауне немертин Белого моря есть в статьях П.В. Ушакова (Ушаков, 1926; Uschakow, 1928), В.С. Короткевич (Короткевич, 1977, 1978а, 1978б, 1982), В.И. Куликовой (Куликова, 1984), А.В. Чернышева (Chernyshev, 1998, 1999, 2004), в таксономическом списке беспозвоночных Арктики (Chernyshov, Maslakova, 2001), очерки о трех массовых видах есть в атласах фауны Белого моря (Маслакова, 2006, 2008), краткие сведения есть в Иллюстрированном определителе свободноживущих беспозвоночных евразийских морей и прилежащих глубоководных частей Арктики (Чернышев, Маслакова, 2010). Однако, нет работ, посвященных обзору фауны немертин Белого моря в целом, нет регионального определителя по группе. В то же время, необходимость в таких работах есть, прежде всего потому, что на Белом море располагаются биологические станции МГУ, СПбГУ, ЗИН РАН, исследования на конкретных видах ведутся по паразитологии (Simdianov, 2009), нейрофизиологии (Zaitseva et al., 2020), летнюю практику проходят студенты университетов МГУ, СПбГУ, Мурманского государственного технического университета, поэтому необходимо как уточнение состава видов немертин, так и подготовка определителя по этой группе, и такая работа ведется на ББС МГУ им. Перцова. Целью же настоящей работы является обобщение на основе опубликованных данных и фондовой коллекции Зоологического института РАН имеющихся на данный момент сведений о таксономическом составе немертин Белого моря, о встречаемости видов в его отдельных районах (Кандалакшском, Онежском и Двинском заливах, Горле и Бассейне Белого моря), а также краткий обзор основных этапов изучения его фауны.

Первые сведения о фауне немертин Белого моря приведены профессором Н.П. Вагнером в обзоре беспозвоночных Белого моря по результатам зоологических исследований Соловецкого залива (Вагнер, 1885). Им было отмечено два вида: *Amphiporus lactifloreus* (Johnston, 1828) и *Lineus viridis* (Müller, 1774), как *Lineus gesserensis* (Müller, 1780). Это самые массовые виды в Белом море. Чуть позже Г.Ф. Арнольд, студентом природоведческого отделения физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета (впоследствии декан биологического факультета Харьковского университета) по материалам, собранным в районе Соловецкой биологической станции, был подготовлен и опубликован в Трудах Императорского Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей (Педашенко, 1897) список видов беломорских немертин, включающий 18 видов из трех отрядов (классов по современной систематике, см. Чернышев, 2021). В результате последующего 110-летнего изучения фауны, список беломорских немертин был представлен 32 видами (Чернышев, Маслакова, 2010). Применение молекулярных методов позволило разобраться в сложном комплексе видов группы *Lineus ruber/viridis* (Полякова и др., 2017; Чернева, 2017, Чернева et al., 2018) и доказать присутствие на литорали Кандалакшского залива третьего вида этого комплекса – *L. clandestinus* Krämer, Schmidt, Podsiadlowski, Beckers, Horn & Von Döhren, 2016 (всего теперь 33 вида). В Кандалакшском заливе встречаются 27 видов немертин, для Онежского залива отмечены 4 вида, для Двинского залива – 3 вида, для Бассейна Белого моря – 5 видов и для Горла – 1 вид. Работа выполнена в рамках бюджетной темы АААА-А19-119020690072-9 (для ЕЧ).

**Комплексная численная модель экосистемы вод и льда
Белого моря**

И.А. Чернов¹*, А.В. Толстиков²

¹Институт прикладных математических исследований
Карельского научного центра Российской академии наук, Петрозаводск, Россия

²Институт водных проблем Севера Карельского научного центра
Российской академии наук, Петрозаводск, Россия

*E-mail: chernov@krc.karelia.ru

Для понимания сложных комплексных процессов в море полезны численные модели морской системы, описывающие как динамику вод и льда, так и потоки вещества и энергии в морской экосистеме. Глобальная модель описывает весь водоем, теряя возможность получить значение “здесь и сейчас” (масштаб элементарной ячейки – километры), но взамен сводя неопределенность к поставляемому извне воздействию атмосферы и состоянию на “жидкой границе”.

Модель позволяет оценить величины, которые трудно измерить, например, в период схода льда. Численные эксперименты подтверждают предположение, что в условиях Белого моря динамика в этот краткий период особенно активна и даже способна повлиять на ход всего теплого сезона года. Комплексных численных моделей для Белого моря, поддерживаемых в настоящее время, известно совсем немного. Представляемая модель JASMINE состоит из двух взаимодействующих компонент. Одна описывает гидротермодинамические процессы в море со льдом: течения, дрейф льда, динамику температуры и солёности воды, таяние и формирование ледяных полей изменение их характеристик. Эта компонента основана на модели FEMAО для Северного Ледовитого океана и адаптирована нами для условий Белого моря.

Вторая компонента описывает потоки вещества и энергии в морской экосистеме: это модель BFM, доступная под открытой лицензией и поддерживаемая международным консорциумом. Модель успешно применялась для Мирового океана (проект PELAGOS), для Балтийского моря, северной части Тихого океана. Иными словами, модель достаточно универсальна и доказала свою применимость для разных широт и любых масштабов (от Венецианской лагуны до Мирового океана).

Модель BFM содержит блок экосистемы морского льда, и нам неизвестны комплексные модели моря, учитывающие эти процессы. В Белом море лед сезонный, при образовании и активном росте он способен захватывать вещество из воды, в том числе и живые организмы. Весной, когда растёт освещённость, экосистема во льду бурно развивается, а при таянии льда полученное органическое вещество обогащает пелагиаль. Кроме этого, вместе со льдом вещество способно перемещаться на большие расстояния.

В докладе будет представлена модель и показана ее способность воспроизводить важные характеристики беломорской экосистемы: концентрацию хлорофилла-а, биомассу различных типов планктона, содержание биогенных элементов, соотношение Редфилда, первичную продукцию, как для всего моря, так и для отдельных его частей (динамика в разных заливах может сильно различаться).

“Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (№ 22-27-20014), проводимого совместно с органами власти Республики Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК)”.

Потепление климата: мерланг
***Merlangius merlangus* (Gadiformes: Gadidae) в Белом море**

Н.В. Чернова

Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: chernova@zin.ru

В связи с потеплением климата в последние годы наблюдается «атлантизация» Баренцевоморского региона. В числе прочих сравнительно теплолюбивых мигрантов, в Баренцевом море все чаще отмечают рыб, не характерных для этих вод. В частности, вдоль побережья Мурмана стал изредка встречаться мерланг *Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758). Основной ареал этого вида тресковых рыб находится в северной Атлантике. Приводятся данные о нахождении мерланга в Белом море, где он не был отмечен ранее. Экземпляр был пойман летом 2013 г. в районе биостанции ЗИН РАН (губа Чупа Кандакшского залива Белого моря, 66°20.230'N; 33°38.972'E). Указаны признаки, отличающие его от других видов беломорских тресковых. Приводятся сведения о других фактах распространения теплолюбивых рыб в Баренцевоморском регионе.

Туфоксин – новая фенолоксидаза оболочников

**Т.Г. Шапошникова^{1*}, М.А. Даугавет², М.И. Добрынина², А.И. Соловьева^{2,3}, А. Миттенберг²,
С.В. Шабельников², И. Бабкина¹, А.В. Гринченко⁴, Д.В. Ильяскина⁴, О.И. Подгорная^{1,2}**

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Институт цитологии Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

³Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

⁴Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского

Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, Россия

*E-mail: tsh.spb@gmail.com; t.shaposhnikova@spbu.ru

Для функционирования внеклеточного матрикса важное значение имеет жизнедеятельность клеток его населяющих, они обеспечивают, в частности, синтез и/или модификации межклеточного вещества. Оболочники (Tunicata) в качестве модельного объекта для исследований взаимодействий клеток и матрикса интересны с эволюционной точки зрения, т.к. относительно недавно было показано, что именно они, а не головохордовые, являются группой, ближайшей к позвоночным животным (Delsuc et al., 2006). Асцидии – самая большая группа оболочников – обладают развитым внеклеточным матриксом, образующим покровы (тунику) этих животных (Burighel, Cloney, 1997). Укрепление туники происходит благодаря фенольному задубливанию – склеротизации белков хинонами, образующимися благодаря ферменту фенолоксидазе. Фенолоксидазная система возникла давно и широко распространена у живых организмов. В формировании покровов у взрослых асцидий участвуют не только клетки покровного эпителия, но и один из типов клеток крови – морулярные. Белок морулярных клеток асцидии *Styela rustica* с молекулярной массой 48 кДа, р48, был обнаружен в матриксе туники, что позволило предположить его связь с фенолоксидазной системой (Podgornaya, Shaposhnikova, 1998; Тылец и др., 2019).

Мы описали ген, названный *Tuphoxin* (Tunicate PhenolOxidase), кодирующий р48 и несколько подобных белков у двух исследованных видов асцидий *S. rustica* и *Halocynthia aurantium*. Это новая фенолоксидаза асцидий, ее последовательность не имеет сходства с двумя описанными ранее для асцидий ферментами. Туфоксин синтезируется клетками крови асцидий и может выводиться во внеклеточный матрикс покровов. У асцидий *S. rustica* и *H. aurantium* для каждого вида обнаружен один уникальный транскрипт туфоксина. При этом из одного транскрипта могут получаться несколько белковых продуктов разного размера, предположительно за счет ограниченного протеолиза исходного белка. Неожиданной особенностью туфоксинов (и их гомологов среди Tunicata) является наличие в их составе домена тромбоспондина первого типа (TSP1), одна из функций которого состоит в обеспечении взаимодействия клеток с внеклеточным матриксом. Мы предполагаем, что наличие домена TSP1 может способствовать взаимодействию белковых продуктов туфоксина с другими компонентами ВКМ, участвуя, таким образом, в построении туники. Туника представляет собой уникальную внеклеточную структуру и функциональную адаптацию Оболочников (Hirose et al., 2001; Nakashima et al., 2004). Можно предположить, что предпосылкой для построения туники было появление/сочетание в одном продукте тромбоспондинового (TSP1) и фенолоксидазного доменов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-74-20102), Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-34-90077), стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов. Экспериментальная часть работы проводилась на станции ББС ЗИН РАН Картеш. При проведении работы использовалось оборудование Центра молекулярных и клеточных технологий, Центра микроскопии и микроанализа и Обсерватории экологической безопасности Научного парка Санкт-Петербургского государственного университета.

**Современные данные по биологии азиатской корюшки
эстуарной зоны реки Нюхча Онежского залива Белого моря**

В.С. Шерстков

Северный филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»,
Архангельск, Россия
E-mail: vladimir33sher33@yandex.ru

Корюшка азиатская зубастая *Osmerus dentex* (Steindachner et Kner, 1870) полупроходной вид, широко распространена вдоль побережья Северного Ледовитого океана от Бассейнов Белого и Баренцева морей на восток до Берингова пролива. В Северной Америке от м. Барроу до р. Маккензи. В Тихом океане от Берингова пролива до п-ова Корея. Обитает в основном в прибрежной зоне на глубине до 10 м, молодь фиксируется в траловых уловах на глубинах до 40 м. Образует приуроченные к крупным заливам отдельные стада. Летом держится разрежено, осенью концентрируется в устьевых зонах рек и ручьев, где и держится всю зиму до весны. После распаления льда заходит в реки на нерест.

По данным Северного филиала ФГБНУ «ВНИРО» максимальная длина (по Смитту) в Белом море 35.3 см при массе тела 398 г. Возрастная структура азиатской корюшки в Белом море представлена особями от 1 до 10 лет. Особи в возрасте от 7 лет и более встречаются редко и составляют 1.7%.

В 2003–2018 гг. на массовый промер взято более 16000 экз., на биологический анализ 5234 экз. Азиатская корюшка в эстуарной зоне реки Нюхча встречалась в возрасте 2–10 лет. Возраст самок от 2 до 10 лет, самцов от 2 до 8 лет. Доминирующая возрастная группа 3–4 года – 78.1%, старшие возрастные группы (7–10 лет) в уловах представлены незначительно – 1.4%. Размерный ряд представлен особями от 10 до 35 см, выделяются две модальные группы 15–16 см и 19–20 см. Средняя длина 18.4 см, средняя масса 55 г. Соотношение самок и самцов около 1:2.2. Большинство рыб были нерестовыми и имели V стадию зрелости гонад (материал собирался в весенний период) – 64.4%. В стадии зрелости VI – 29.9%, IV – 5.5%, остальные особи были неполовозрелыми.

В основном азиатская корюшка в районе реки Нюхча созревает в возрасте 3–4 лет, в 2 года половозрелые особи обоих полов встречаются редко. Абсолютная плодовитость увеличивается с возрастом и колеблется от 5.7 до 195 тыс. икринок, средняя плодовитость составляет 87.1 тыс. икринок. Нерест в основном проходит с конца апреля до конца мая, в холодные годы до начала июня.

В 1990-х годах промысел корюшки в Белом море осуществлялся весной во время нерестовых миграций на реках: Северная Двина, Онега, Нюхча, Выг, Сума и других. На сегодняшний день официальный специализированный лов корюшки осуществляется только на реке Нюхча в Республике Карелия. Тем не менее, в виду широкого распространения корюшка постоянно присутствует в уловах, при промысле наваги и сельди. Официальный ежегодный вылов корюшки в Белом море с 2004 по 2018 г варьировал от 0.7 т в 2008 г. до 53.8 т в 2011 г., средний вылов – 13.2 т.

Эстуарная часть реки Нюхча является местом нереста и зимовки азиатской корюшки. В весенний период в реке отмечаются мощные нерестовые подходы. В биологических пробах отмечены особи от 2 до 10 лет с максимальными размерами по Белому морю: длина 35.3 см, масса 398 г. Средние размеры рыбы: длина 18.4 см, масса 55 г. Основную часть нерестового стада составляют особи 3–4-летнего возраста. Абсолютная плодовитость от 5.7 до 195 тыс. икринок, средняя 87.1 тыс. икринок. В последние годы официальный специализированный промысел корюшки в Онежском заливе Белого моря ведется только на реке Нюхча.

**Ультратонкое строение эпителиев двух видов беломорских
гребневи́ков: *Beroë cucumis* (Fabricius, 1780)
и *Bolinopsis infundibulum* (O.F. Müller, 1776)**

А.И. Яковлева*, А.А. Прудковский, Е.В. Ворцепнева

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

*E-mail: jakovleva_ana@mail.ru

Гребневики (Ctenophora) – это небольшой таксон одиночных морских организмов, к которым приковано внимание ученых последние полтора десятка лет. Повышенный интерес к данной группе обусловлен уникальными генетическими и морфологическими особенностями, включая организацию их эпителиев (Moroz et al., 2014; Salinas-Saavedra, Martindale, 2019). Из-за наличия этих черт уже несколько лет идут споры о филогенетическом положении гребневи́ков (Whelan et al., 2015, 2017; Kapli, Telford, 2020).

В Белом море встречается, по некоторым данным, 6 видов гребневи́ков из трех разных отрядов (Серавин, 1998). Для большинства из них ультраструктура описана скудно, или нет описания вовсе. Данное исследование посвящено изучению ультраструктуры эпителиев двух видов беломорских гребневи́ков: *Beroë cucumis* (Fabricius, 1780) (Ctenophora, Beroida) и *Bolinopsis infundibulum* (O.F. Müller, 1776) (Ctenophora, Lobata). Сбор материала производился вблизи Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова в 2020–2021 годах. Для изучения строения эпителиев мы использовали гистологические методы, в том числе руководствовались модифицированным протоколом фиксации объектов для электронной микроскопии с 0.1% рутением красным (Fassel, Edmiston, 1999; Lavrov et. al., 2022).

Несмотря на то, что изучаемые гребневики относятся к разным таксонам, общая схема строения их эпителиев имеет сходные черты. Базальная пластинка имеет одинаковый вид, но варьирует по толщине. Между клетками эпителия присутствуют уникальные для гребневи́ков разновидности «плотных» контактов (Magie, Martindale, 2008), адгезивные и щелевые контакты. Основная масса клеток в эпителиях приходится на поддерживающие и несколько типов железистых.

Таким образом, можно заключить, что между представителями двух таксонов гребневи́ков есть некоторые ультраструктурные различия, но в целом строение их эпителиев имеет общий план. Полученные нами данные позволяют расширить наши представления об устройстве эпителиальной ткани гребневи́ков.

**Mobile elements expression study at different stages
of the trematode *Himasthla elongata* life cycle**

A.R. Smolyaninova^{1*}, A.I. Solovyeva^{1,2}

¹*Institute of Cytology, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia*

²*Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia*

*E-mail: sar28sir14@rambler.ru

It is known that in eukaryotes, several phenotypes, or life forms, can be realized on the basis of one genome. An example is the complex life cycle of trematodes, which includes the alternation of parthenogenetic and hermaphroditic generations. The mechanisms by which life cycle control is realized remain unknown, but we can assume that the noncoding part of the genome may be involved. A significant part of eukaryotic genomes is comprised of repetitive DNA, which is traditionally divided into tandem and dispersed repeats based on their structure and position in the genome. Dispersed repeats are represented by mobile elements (ME) or transposons, which can occupy up to 80% of the eukaryotic genome. Transposons influence the structure and function of genomes in many ways, for example, through disruption of gene sequences, structural variations, changes in gene expression through regulatory elements and epigenetic marks. However, the question of the extent to which MEs are involved in the regulation of trematode life cycles remains open.

In this work, we obtained a pilot data on the expression of some ME at different stages of the trematode life cycle. The objects of the study are redia, cercariae, and metacercariae of trematode *Himasthla elongata* (Himasthlidae). We selected several transposons from the *H. elongata* ME database, and designed primers using the PrimerBLAST program. Primers to 8 ME from the families RTE-BovB, Pao, hAT, Penelope, Tc1, Rex-Babar, CR1, L2, Zenon, MuLE-MuDR Gypsy and 4 Unknown elements were tested on the genomic DNA of cercariae and cDNA of rediae, cercariae and metacercariae using PCR. It was determined that the cDNA of the objects contained the transcripts of all the studied transposons. For further experiments, 10 primers were selected for the families RTE-BovB, Pao Penelope, CR1, L2, Zenon, Gypsy, and the Unknown element, which gave a single PCR product. To evaluate ME expression we chose actin as a reference gene since the GAPDH gene was not expressed uniformly during test real-time PCR.

According to the results of real-time PCR transposons 1997-Zenon, L2 and 2-415 Unknown demonstrate the most significant changes in expression. However, transposons Pao, Penelope, RTE, Zenon, L2, CR1, Gypsy and Unknown elements are transcribed at all stages of the trematode *H. elongata* life cycle. Such heterogeneity of ME transcription levels may be associated with important biological processes that occur during the change of stages in trematodes' life cycles for example, changes in metabolism or maintenance of cells' pluripotency in redia germinal masses.

The study is supported by RSF grant No.19-74-20102.

**Факторы, влияющие на уровень воспроизводства популяции моллюсков *Littorina saxatilis*
(Gastropoda: Littorinidae)**

Е.В. Козминский

Зоологический институт Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: eugene_kozminsky@mail.ru

Выявление факторов, определяющих динамику численности популяций, представляет огромный интерес с точки зрения охраны и менеджмента окружающей среды. Важным компонентом литоральных экосистем являются моллюски рода *Littorina*, однако факторы, определяющие динамику их численности, и соответствующие им механизмы слабо изучены. В настоящей работе представлены данные, полученные в ходе мониторинговых наблюдений за популяционной динамикой моллюсков *Littorina saxatilis* (Olivi, 1792) на западной косе Южной губы о. Рязков (Кандалакшский государственный природный заповедник, 67°00' N, 32°34' E) в период с 2001 по 2020 гг.

Полученные результаты показывают, что в период проведения исследований происходило постепенное снижение плотности популяции *L. saxatilis*. Изменения плотности популяции на 81% ($R_s=0.90$, $\alpha=0.001$) были обусловлены флуктуациями численности сеголеток. Плотность моллюсков в возрасте 2+ и старше колебалась вокруг некоего среднего уровня.

Множественный регрессионный анализ показал, что изменения плотности сеголеток *L. saxatilis* (P_{0+}) на 70% были обусловлены тремя основными факторами – изменениями биомассами двух видов литторин – *L. saxatilis* (WLS) и *L. obtusata* (WLO) – и количеством осадков за год (HYR) ($F[3, 16] = 12.35$, $\alpha=0.0002$): $P_{0+} = 40.611 \cdot WLS - 9.173 \cdot WLO - 3.362 \cdot HYR + 2107.17$.

Биомасса *L. saxatilis*, в свою очередь, была прямо пропорциональна плотности участвующих в размножении особей (самок с эмбрионами в выводковой камере и самцов с нормально развитым пенисом) и размеру размножающихся самок. Второй компонент регрессионного уравнения (WLO) свидетельствует о важной роли межвидовых взаимодействий в регуляции уровня воспроизводства популяции *L. saxatilis*. Корреляция между плотностью сеголеток *L. saxatilis* и биомассой *L. obtusata* была высоко достоверна ($\alpha=0.001$) и объясняет 30% ее изменчивости. Ранее нами было показано (Козминский, 2013, 2020) наличие внутривидовой конкуренции между половозрелыми особями и сеголетками *L. obtusata* за ресурс, в качестве которого выступают бурые водоросли *F. vesiculosus*, которые являются основным источником корма (и сами по себе, и за счет микрообрастаний), субстратом для обитания и откладки яиц этого вида моллюсков. Так как часть сеголеток *L. saxatilis* также держится на фукусах, увеличение плотности половозрелых *L. obtusata* также может приводить к снижению их численности.

Обратная зависимость плотности сеголеток *L. saxatilis* от кол-ва осадков за год (HYR) объясняется, по-видимому, их высокой чувствительностью к опреснению. В период проведения исследования, происходило постепенное изменение климата в районе исследований – он стал более теплым и влажным. Количество осадков в холодный период (с ноября по апрель) возросло примерно на 57 мм, в теплый (май - октябрь) - на 93 мм. Увеличение количества осадков действует, по-видимому, двояко. Во-первых, выпадение большего количества осадков в летний период, когда происходит размножение *L. saxatilis*, непосредственно приводит к гибели большего числа молоди. Во-вторых, происходит накопление большего количества воды (в том числе талой) в резервуарах каскада Нивских ГЭС, что приводит к более частому сбросу ее излишков и более частым случаям распреснения поверхностного слоя морской воды в куту Кандалакшского залива. Воздействие этого фактора подтверждается постепенным увеличением в период исследований в обследованной популяции *L. saxatilis* частоты особей с фенотипом «пурпурные», которые более устойчивы к опреснению.

Работа выполнена в рамках ГЗ ЗИН РАН, №122031100283-9. На разных этапах исследование было также поддержано грантом РФФИ 05-04-48056, программами фундаментальных исследований РАН «Биологическое разнообразие: инвентаризация, функции, сохранение», «Биологические ресурсы России».

Углеводородное загрязнение воды и осадков Белого моря

И.А. Немировская

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

E-mail: nemir44@mail.ru

Обобщены данные многолетних исследований по содержанию и составу двух классов углеводородов (УВ)– алифатических и полициклических ароматических в воде и донных осадках Белого моря с целью установления уровня загрязненности моря нефтепродуктами. Показано, что загрязнение поверхностных вод происходит не только под влиянием речных выносов, но и при поступлении из атмосферы. Из-за отопления жилищ загрязненность арктической атмосферы повышается от ноября к марту, особенно в снеге районов Архангельска и Кандалакши. В феврале в составе взвеси снега губы Ругозерской наряду с диатомовыми водорослями и минералами обнаружена окалина, зола ТЭЦ, зола от сжигания угля. Однолетние льды Белого моря фиксируют состояние поверхностного слоя вод в период замерзания. Верхний слой льда аккумулирует соединения, поступающие со снегом, а при погружении льда в воду из поверхностных вод. Содержание и состав УВ в нижнем слое льда зависят не только от их концентраций в подледной воде, но от интенсивности биогеохимических процессов в пограничном слое вода–лед. В результате во льдах Белого моря концентрации УВ могут быть ниже, чем в паковых льдах Северного Ледовитого океана и припайных льдах Антарктики.

Из-за быстрой трансформации нефтяных УВ в толще воды и на границе вода–дно в составе алканов донных осадков доминировали природные компоненты. Однако во время половодья в устье Северной Двины в осадках преобладали нефтяные и пирогенные УВ. Меромиктические водоемы Кандалакшского залива характеризуются высокими концентрациями органических соединений. В зависимости от связи водоемов с морем их концентрации в осадках (2021 г.) изменялись в широком диапазоне: $C_{орг} = 0.02\text{--}23.28\%$, в среднем 5.33% , алифатических УВ – $34\text{--}3519$ мкг/г, в среднем 817 мкг/г, что превышает фоновые значения в осадках Белого моря: для $C_{орг} < 2\%$, а АУВ < 50 мкг/г. Деструкция органических соединений приводит к образованию сероводорода и эвтрофированию вод этих водоемов.

В настоящее время, из-за быстрой трансформации антропогенных УВ даже при низких арктических температурах в воде и осадках Белого моря в составе УВ преобладают природные соединения. При смешении речных вод с морскими нефтяные и пирогенные УВ осаждаются и не попадают в открытые воды Белого моря. Поэтому в противоположность бытующему мнению, что главное загрязнение несут реки, полученные данные установили, что барьер река–море выступает в качестве фильтра, который предотвращает попадание загрязнений в открытые районы моря. Это явление характерно для эстуарных областей и в других климатических зонах.

Работа выполнена в соответствии с Госзаданием Министерства науки и высшего образования РФ (тема FMWE-2021-0006) при финансовой поддержке РНФ (проект № 19-17-00234-П).