

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

МАТЕРИАЛЫ

научной конференции
«Морская биология, геология, океанология -
междисциплинарные исследования на морских
станционах»,
посвященной 75-летию
Беломорской биологической
станции им. Н.А. Перцова
27 февраля – 1 марта 2013 года



Москва ♦ 2013

УДК 592: 574.5 (268.46)

Материалы научной конференции «Морская биология, геология, океанология – междисциплинарные исследования на морских стационарах», посвященной 75-летию Беломорской биологической станции МГУ (Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 27 февраля — 1 марта 2013 г.): Тезисы докладов.— М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013.— 368 с.

В сборник включены тезисы докладов, подготовленные участниками XII научной конференции Беломорской биостанции им. Н.А. Перцова Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова с международным участием: «Морская биология, геология, океанология — междисциплинарные исследования на морских стационарах» (27 февраля — 1 марта 2013 г.). Конференция посвящена 75-летию биостанции. Представлены результаты исследований в области биологии, геологии, географии и комплексных работ, выполненных на морских стационарах России и за рубежом, в том числе на Беломорской биостанции МГУ.

*Издание подготовлено при финансовой поддержке РФФИ
(грант 13-04-06015-з)*

ISBN 978-5-87317-894-0

© ББС МГУ, 2013
© Т-во научных изданий
КМК, издание, 2013

БЕЛОМОРСКОЙ БИОСТАНЦИИ МГУ им. Н.А. ПЕРЦОВА — 75 ЛЕТ

В 1938 г. на прибрежной вырубке, оставшейся от деятельности «лаг-пунктов», снабжавших лесом строительство Беломорканала, почти точно на Полярном Круге, была основана маленькая биостанция, как предполагалось — будущая база практики для студентов кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Сейчас Беломорская биологическая станция — солидный морской учебно-научный центр МГУ, где проходят полевые практики и ведут научные исследования студенты, преподаватели и сотрудники пять факультетов Московского университета и ряда других вузов. В 2012 г. биостанцию посетило более 800 человек. В пятистах метрах от биостанции проходит граница Кандалакшского государственного заповедника, а полуостров Киндо, на котором расположен поселок биостанции, является частью регионального заказника «Полярный круг». Уникальное местоположение беломорской биостанции среди нетронутой природы арктического побережья открывает редкие возможности для реализации образовательных и научных программ. За последние годы на биостанции установлено современное научное оборудование, оснащены лаборатория молекулярной зоологии, центр видеомикроскопии, в котором есть необходимый парк современных микроскопов, в том числе лазерный конфокальный микроскоп, центр подводной фото- и видео-регистрации. Есть небольшое судно, на котором можно проводить весь комплекс океанологических исследований в ближайших окрестностях биостанции, набор современных орудий для отбора биологических, гидрологических и геологических проб, есть морская аквариальная лаборатория. Неотъемлемой структурной частью биостанции служит библиотека, она давно стала важным региональным собранием научной и учебной литературы по морской биологии. Электронный каталог библиотеки доступен в интернете (<http://www.wsbs-msu.ru/doc/view.php?ID=123>).

Научная коллекция Беломорской биостанции имеет официальный статус филиала Зоологического музея МГУ, она организована по тому же плану, как и коллекция Зоомузея, и занимает свое место в электронном каталоге коллекций музея. Это один из немногих официально существующих коллекционных центров на Севере Европейской части РФ. У биостанции есть Соловецкий филиал, имеющий большой потенциал развития как университетский стационар в историко-природном заповеднике.

Как и любая другая структура университета, биостанция это сочетание научной и учебной работы. Основа развития научных исследований на биостанции — это совместные проекты, сотрудничество со многими лабораториями и кафедрами МГУ, разными научно-исследовательскими

и учебными институтами и университетами. В 1962 г. начали выходить Труды Беломорской биостанции. Из 17 работ, опубликованных в I томе, одиннадцать принадлежали студентам и аспирантам. Идея «образование через исследование» так популярная в настоящее время, стала естественной частью жизни беломорской биостанции на многие десятилетия.

С 1996 г. на биостанции регулярно проводятся научные конференции «Чтения памяти Н.А. Перцова», они стали важным событием региональной научной жизни. В первую очередь, они объединяют ученых, работающих на Белом море и других морях российского Севера. Это беломорское научное сообщество объединяет исследователей Кандалакшского государственного заповедника, МГУ, биологической станции зоологического института РАН «Мыс Картеш», Санкт-Петербургского и Казанского университетов (с биостанции на о. Средний в заливе Чупа), ПИНРО, ММБИ, Института океанологии РАН и многих других.

Важным, коллективным достижением специалистов в рамках этого сообщества является подготовка аннотированного каталога фауны и флоры окрестностей биостанции (он доступен в интерактивном виде <http://biota.wsbs-msu.ru/wiki/index.php>). Это результат нескольких десятилетий исследований биологического разнообразия Белого моря и его побережья, в котором принимали участие специалисты по самым разным группам растений и животных. В результате проведенной ими работы окрестности биостанции стали одним из самых изученных в отношении биологического разнообразия районов в Приполярной зоне Европы. Этот каталог — основа для дальнейших исследований в области глобального мониторинга биологического разнообразия.

Не менее интересен изданный в 2010 г. «Иллюстрированный атлас фауны и флоры Белого моря» — уникальное, практически не имеющее аналогов издание. В создании этой книги приняли участие десятки специалистов по разным группам животных и растений. Помимо прочего атлас — это результат тысяч часов подводных наблюдений, проведенных биологами — подводниками в Белом море.

Доклады, представленные в этом издании, дадут читателям представление о различных аспектах научной работы, которая идет на ББС, на Белом море и на побережье морей Европейского севера России. Авторы многих из них — молодые ученые, аспиранты и студенты разных кафедр и институтов, реализующие свои проекты на ББС.

*Директор Беломорской биостанции им. Н.А. Перцова
МГУ им. М.В. Ломоносова, профессор А.Б. Цетлин*

**ПРОГРАММА
ЮБИЛЕЙНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
посвященной 75-летию
Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова
Московского государственного университета
им. М.В. Ломоносова
«МОРСКАЯ БИОЛОГИЯ, ГЕОЛОГИЯ, ОКЕАНОЛОГИЯ — МЕЖДИС-
ЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА МОРСКИХ СТАЦИОНАРАХ»**

27 февраля 2013 г.

10:00 – 11:00 — регистрация участников конференции.
11:00 – 11:20 — открытие конференции.
11:20 – 13:00 — заседание конференции. Секция: «Междисциплинарные исследования на водоемах, отделяющихся от моря».
13:10 – 14:00 — обед.
14:00 – 18:00 — заседание конференции. Секция: «Междисциплинарные исследования на водоемах, отделяющихся от моря» и «Междисциплинарные исследования на морских стационарах».
18:00 – 18:30 — постерная сессия.
18:30 — фуршет, посвященный открытию конференции.

Доклады секций «Междисциплинарные исследования на водоемах, отделяющихся от моря» и «Междисциплинарные исследования на морских стационарах».

Демиденко Н.А. Природные и искусственные морские бассейны севера Европейской части России на разных этапах изоляции.
Васильчук Ю.К., Лисицын А.П., Буданцева Н.А., Краснова Е.Д., Пантюлин А.Н., Филиппов А.С., Чиждова Ю.Н., Шевченко В.П. Изотопия кислорода и водорода воды и снежно-ледяного покрова отделяющихся водоемов на разных стадиях изоляции от Белого моря в окрестностях ББС МГУ.
Грум-Гржимайло О.А., Биланенко Е.Н. Микромицеты оз. Кисло-сладкое — отделяющегося водоема Белого моря.
Ильяш Л.В., Белевич Т.А., Житина Л.С., Колосова Е.Г., Кудрявцева В.А. Первые сведения о биоте льдов водоемов, отделяющихся от Белого моря: состав, обилие, вертикальное распределение.

Исаченко А.И. Картографирование поселения двусторчатого моллюска *Arctica islandica* (L. 1767) в Кандалакшском заливе (Белое море) – результаты междисциплинарных исследований.
Колька В.В., Корсакова О.П. Перемещение береговой линии и палеогеография Белого моря в позднеледниковье и голоцене.
Краснова Е.Д., Пантюлин А.Н., Маторин Д.Н., Тодоренко Д.А., Белевич Т.А., Милютин И.А., Воронов Д.А. Природа красных слоев в водоемах, отделяющихся от Белого моря.
Лунина О.Н., Саввичев А.С., Русанов И. И., Пименов Н.В., Горленко В.М. Аноксигенные фототрофные бактерии озера Кисло-сладкое (Кандалакшский залив Белого моря).
Макаров А.В. Зостера морская (*Zostera marina* L.) Белого моря на снимках из космоса.
Неретина Т.В., Колбасова Г.Д., Мюге Н.С. Генетическая ревизия беспозвоночных Кандалакшского залива.
Пантюлин А.Н. Отделяющиеся водоемы Белого моря: особенности гидрологической эволюции.
Переладов М.В., Спиридонов Василий А., Аносов С.Е., Бобков А.А., Бритаев Т.А., Деарт Ю.В., Лабутич А.В., Симакова У.В., Спиридонов Виктор А. Исследование лагуны Линьялмпи и Сисьярви (Варангер-фьорд, юго-западная часть Баренцева моря): общая характеристика, донные сообщества и влияние на них интродуцированного камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*).
Прудковский А.А., Краснова Е.Д., Пантюлин А.Н. Особенности распределения зоопланктона в районе ББС МГУ: 1. Анализ временной серии. 2. Гидромедузы в отделяющихся водоемах.
Стрелков П.П. Затерянные миры морских озер: Могильное и другие.

28 февраля 2013 г.

10:00 – 11:40 — устные доклады секций «Морская биология», «География» и «Морская геология».
13:20 – 14:20 — обед.
14:00 – 18:00 — устные доклады секций «Морская биология», «География» и «Морская геология».

Доклады секции «Морская биология»

Абрамочкин Д.В., Теннова Н.В., Кузьмин В.С., Сухова Г.С. Исследование биоэлектрической активности сердца пескожила *Arenicola marina*.

Белевич Т.А., Ильяш Л.В., Житина Л.С. Динамика обилия пикофитопланктона в проливе Великая салма в течение приливного цикла.

Буруковский Р.Н., Иванов Е.С. Об особенностях биологии размножения креветки *Crangon crangon* (L. 1758) из юго-восточной Балтики и губы Ругозерской Белого моря.

Голубева Т.Б. Роль исследования развития слуха у полувыводковых для понимания раннего онтогенеза поведения птиц.

Екимова И.А., Щепетов Д.М., Коршунова Т.А., Неретина Т.В., Мартынов А.В. Морфологические, онтогенетические и молекулярные основы систематики голожаберных моллюсков рода *Dendronotus* морей России.

Исмаилов А.Д., Куц В.В., Аленина К.А., Алескерова Л.Э., Вахрамеева Т.А., Мажуль М.М. Светящиеся бактерии Белого моря.

Каспарсон А.А., Полищук Л.В. Assessing top-down and bottom-up effects for a *Bosmina* population

Кособокова К.Н., Перцова Н.М. Зоопланктон Белого моря и роль Беломорской биостанции МГУ в его изучении.

Лавров А.И., Косевич И.А. Процесс агрегации клеток у двух видов губок Белого моря.

Косевич И.А. Усложнение организации побегов и переход от радиальной симметрии к билатеральной в колониях текатных гидроидов (Cnidaria, Hydroidomedusa, Leptomedusae).

Кучерук Н.В., Максимова О.В., Симакова У.В. Прикрепленные, бентоплейстонные и карликовые экады *Fucus vesiculosus* L. (Fucales, Phaeophyceae) из Кандалакшского залива Белого моря: морфологическое разнообразие и генетическое единство.

Майорова Т.Д., Косевич И.А. Распределение FMRF-амидоположительного окрашивания у планулы и в колонии гидроида *Gonothyraea loveni* (Allman 1859).

Манушин И.Е. Насколько увеличение размеров тела влияет на выживание водных эктотермных животных?

Марфенин Н.Н. Принципы сетевой организации – уроки изучения гидроидов.

Осадченко Б.В., Косевич И.А. Сравнительный анализ организации нервной системы личинок стрекающих.

Пантелеева Н.Н. Гидроиды литорали восточного Мурмана (Баренцево море) и их сезонное развитие.

Петрунина А.С., Колбасов Г.А. Микроскопические ракообразные Белого моря, или успехи отечественной нанозоологии.

Плющева М.В., А. Гони, Сапрунова В., Кондрашов Ф. Bioluminescence and fluorescence in scale-worms (Polychaeta, Polynoidae).

Поромов А.А., Смуров А.В. Особенности заселенности морских звезд *Asterias rubens* L. копеподами *Scottomyzon gibberum* Scott в окрестностях Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова.

Саидов Д.М. Влияние солей тяжелых металлов на раннее развитие двустворчатых моллюсков (Mollusca, Bivalvia).

Смирнова Ю.Д. Кинетика концентрации морских гетеротрофных бактерий в узкой прибрежной зоне Карадагского заповедника.

Федоренко В.Н., Семенов А.М., Семенова Е.В. Континуум эпифитных микроорганизмов и макроводорослей на примере экосистемы Белого моря.

Доклады секции «Морская геология»

Аляутдинов А.Р., Кошель С.М., Самсонов Т.Е., Тарнопольский Д.В. Топографо-геодезическая практика на ББС имени Н.А. Перцова.

Гайнанов В.Г. Совершенствование аппаратуры и методики сейсмоакустических исследований на Белом море.

Косевич Н.И. Геоморфологическое строение островов Кандалакшского залива Белого моря.

Надежкин Д.В. Нефтематеринский потенциал майкопских отложений и их роль в нефтегазоносности на основе изучения обломков пород из грязевых вулканов Черного моря.

Репкина Т.Ю. Неволновые факторы динамики берегов Кандалакшского залива (Белое море).

Романенко Ф.А., Т.Ю. Репкина, А.В. Баранская. Жизнь тектонического рельефа Керетского архипелага в голоцене.

Росляков А.Г. Новые данные о рельефе дна и строении верхнечетвертичных отложений Черноморской впадины.

Рыбалко А.Е. Геологическая история Кандалакшского залива и результаты исследования с ББС для познания современной геодинамики региона.

Старовойтов А.В. Основные результаты геофизических исследований в проливе Великая Салма и на озерах п-ова Киндо.

Юрченко А.Ю., Ахманов Г.Г. Флюидоразгрузка и современные геологические процессы в центральном Баренцевом море: результаты 18-го рейса Плавучего Университета ЮНЕСКО-МГУ.

1 марта 2013 г.

10:00 – 11:20 — пленарные доклады.
11:20 – 13:20 — устные доклады «Развитие исследований на морских научных стационарах и морских ООПТ».
13:20 – 14:20 — обед.
14:20 – 15:30 — обсуждение докладов и принятие резолюции конференции.
16:00 – 18:00 — торжественное заседание, посвященное 75-летию ББС МГУ им. Н.А. Перцова.
18:00 – 21:00 — концерт, посвященный 75-летию ББС МГУ им. Н.А. Перцова.

Доклады секции «Развитие исследований на морских научных стационарах и в морских ООПТ»

Herman Hummel (NIOZ, Netherlands). Международная сеть морских научных стационаров.
Гаврило М.В. Возможности стационарных биологических исследований на арктических островах.
Ересковский А.В. Presentation of the Mediterranean Institute of Marine and Terrestrial Biodiversity and Ecology (IMBE).
Корякин А.С. Кандалакшский государственный природный заповедник: кадастровая информация по участкам, 2012 г.
Мокиевский В.О., Николаева Н.Г. Морские и прибрежные ООПТ: анализ тем научных исследований и предполагаемые задачи.
Спиридонов В.А. Проблемы организации морских научных исследований и экологического мониторинга в приморских особо охраняемых природных территориях (ООПТ).
Утехина И.Г., Бережной Ю.И. Приморские территории заповедника «Магаданский» (Охотское море).

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**THE NEW SPECIES CHARACTER OF NEPHTYIDAE (POLYCHAETA),
TAXONOMIC SIGNIFICANCE OF MORPHOLOGICAL CHARACTERS**

N.Yu. Dnestrovskaya

Department of Hydrobiology, Biology faculty, Lomonosov Moscow State University, Russia

Nephtyidae is the family of average size, includes now 5 genera and about 150 species. Of these 68 species belong to *Nephtys*, 58 — to *Aglaophamus*, 13 — *Micronephthys*, 9 — *Inermonephthys* and 1 — *Dentinephthys*. Genus *Bipalponephthys* we consider as junior synonym of *Micronephthys* (World Polychaeta Database, Dnestrovskaya, Jirkov 2010, 2012a, Ravara et al., 2010a, 2012).

Three the first genera and 13 species inhabit the Arctic Ocean; it is possible to find another 3 more southern species. Six species of Nephtyidae (*Micronephthys minuta*, *M. neotena*, *Nephtys ciliata*, *N. longosetosa*, *N. paradoxa* and *N. pente*) occur in the White Sea. Recently all these species were redescribed and refined and their taxonomic sense have been emended. The analysis of significant taxonomic characters of Nephtyidae was conducted: the structure of the pharynx, prostomium, parapodia and chaetae (Dnestrovskaya, Jirkov, 2001, 2011, 2012; Rainer, 1984, 1989, 1990, 1991; Ravara et al., 2010b).

However it is still actual to estimate the value of used taxonomic characters. Especially the characters which can be seen under stereomicroscope and do not require to prepare slides and use compound microscope or SEM.

Taxonomic weight of morphological characters is different. One group of characters is used for the generic diagnostic: the number of the pharyngeal jaws; the presence/absence of subterminal papillae; quantity appendages of prostomium, forms of branchiae and aciculae; the presence/absence of lyrate chaetae.

Other group is used mainly at specific and partially at generic level: the structure of everted pharynx and form of prostomium; presence or absence dorsal and (or) ventral subterminal papillae; quantity of rows of subterminal papillae, the start chaetigers (C) with branchiae, forms of different lobes on parapodia, notopodial and ventral cirri, chaetae and spines on them (Table 1). To thoroughly examine all these

characters we strongly recommend to use the methyl blue and made observation in water.

1. The structure of everted pharynx. Nephtyidae have large cylindrical pharynx, up to 25 mm length. Pharynx has 20 bifid, radially flattened terminal papillae, simple ventral and dorsal papillae or gaps may be present. Subterminal papillae proximally form longitudinal rows on surface of pharynx (*Inermonephtys* without any papillae).

Most of the authors consider the quantity of subterminal rows constant for each species. However our studies have shown that it is not for some species of *Nephtys* (Dnestrovskaya 2003). For example: *N. paradoxa* and *N. kersivalensis* usually have 22 rows of subterminal papillae, but we have seen these worms with 21 rows; *N. hystricis* from our material have 20 instead of 22 rows as Rainer (1991) described; small (young) *N. ciliata* have 20 rows, media worms have 22 rows and very large *N. ciliata* may have 24 rows of subterminal papillae. Thus for this species the number of subterminal rows increases with the size (age) of worm. In other species sometimes there are additional papillae randomly scattered on distal part of pharynx between subterminal rows, or we can find the rows which consist from only one papilla.

2. Prostomium structure. Prostomium of Nephtyidae small dorsoventrally flattened 4-, 5- or 6-angular, with small eyes or without them. With a pair of antennae (*Inermonephtys* without) and a pair of palps. There are two triangular, slightly bent sideways outgrowths at the posterior part of prostomium with nuchal organs on their tops.

Prostomium is the soft structure. Its form, length, width and camber of its anterior margin and lateral sides strongly depend on the degree of everted pharynx, size of worms, and the way they were fixed. However the current descriptions have been neglected this (Jirkov, Paraketsova, 2001).

Prostomium of Nephtyidae with none-everted pharynx is rectangular and elongated; with anterior margin straight or convex, lateral margins distally convex, proximally slightly concave. The worms with everted pharynx have prostomium strongly stretched laterally almost in 2.5 times wider than length. In some cases the anterior and lateral margins of prostomium flattened or even become concave. The posterior part of prostomium caudally almost merges with peristomium.

Method of fixation also strongly influences to the shape of prostomium. Worms kept in strong solutions of alcohol or formalin be-

come “dried”, their posterior outgrowths poorly expressed, anterior margin sharpened. The shape of nuchal organs also depends on the degree of relaxation during the fixation. They can be well appreciable as tubercles or dimples, or completely invisible.

So it is obvious that taxonomist must describe the prostomium of Nephtyidae with everted and none-everted pharynx and mark the way of fixing. The most natural form of prostomium had anaesthetized worms.

3. The start chaetiger of branchiae. The branchiae may start from different sides (left and right) and from different chaetigers. So 58% worms of *A. malmgreni* and 45% of *N. ciliata* had such dispersion in one chaetiger. This distinction can reach two (rarely) or even three (sporadic) chaetigers. Also branchiae may finish differently on right and left sides of worms and in this case the dispersion can be a bit more.

Thus, intraspecific variability must be studied before using these characters. Moreover, the diagnostic value of characters can be different in different species.

Unfortunately the most worms in samples have non-everted pharynxes and lack the posterior chaetigers. So it is still actual to look for morphological characters to be used in taxonomy. Our study of Nephtyidae morphology has revealed the **new species character, easily visible under stereomicroscope** in most studying material.

4. The start of postacicular lobes. This character allows to separate the northern *Nephtys* species from southern ones. Postacicular lobes of all northern species (*A. malmgreni*, *N. caeca*, *N. ciliata*, *N. longosetosa*, *N. paradoxa*, *N. pente*, *N. rickettsi*, *N.* sp. nov. A) start from C-2 on neuropodia and from C-3 on notopodia, whereas these lobes of more southern species start farther back. In southern *N. assimilis*, *N. hombergii*, *N. kersivalensis*, *A. pulcher* postacicular lobes start from C-3 on neuropodia and from C-4 on notopodia. Postacicular lobes of *N. hystricis*, *N. incisa* and even more southern *Nephtys* sp. nov. start at C-3 on neuropodia and C-5 on notopodia.

It studied out that this character closely linked with shape of spines of chaetae from postacicular rows. The chaetae of all northern species have well-formed parallel combs of spines, meanwhile the southern species have the chaetae with lateral row of spines (Dnestrovskaya, Jirkov, 2011).

It should be noted that two species: *A. agilis* and *N. cirrosa* were separated.

Table 1. Taxonomic weight of morphological characters of Nephtyidae.

Character	State	Level
Two additional rows of pharyngeal jaws	present/absent	gen.
Tubterminal papillae	present/absent	gen.
Antennae of prostomium	present/absent	gen.
Shape of branchiae	curved outward, inward or reduced	gen.
Shape the tops of aciculae	bent as hook or blunt	gen.
Lyrate chaetae	present/absent	gen.
Start of postacicular lobes	number of chaetiger	sp.
Rows of subterminal papillae	number of rows and number papillae per row	sp.
Shape of branchiae	cylindrical, sack-flattened or with additional outgrowth	sp.
Start of branchiae	number of chaetiger	sp.
Shape of aciculae lobes	simple or bilobed	sp.
Shape the interrampal parts of acicular lobes	present or absent additional lobe over /under aciculae	sp.
Preacicular lobes	rudimentary or well developed (equal acicular lobes)	sp.
Shape of preacicular lobes	simple or bilobed	sp.
Shape of postacicular lobes	equal or longer than acicular lobes	sp.
Notches on postacicular lobes of neuropodia	present/absent	sp.
Net of blood vessels on postacicular lobes of neuropodia	present/absent	sp.
Shape of postacicular lobes of notopodia	foliate or slanting-oval	sp.
Doubling of postacicular lobes of notopodia	present/absent	sp.
Shape of notopodial cirri	short, triangle-foliated or long, subulate	sp.
Interrampal outgrowth of neuropodia	present/absent	sp.

Chaetae of *A. agilis* have parallel combs whereas its areal is more southern. The start of postacicular lobes *A. agilis* depends of body size (age): the large and medium-sized worms of this species have start of postacicular lobes at C-2 (both on neuropodia and notopodia). However postacicular lobes of the small worms *A. agilis* start at C-2 on neuropodia and C-3 on notopodia as in the north species of *Nephtys*.

N. cirrosa have two kinds of postacicular chaetae: geniculate and the chaetae with small spines, sporadically scattered along the chaetae length. Worms of this species have start of postacicular lobes always at C-3 on notopodia and usually at C-3 on neuropodia. But sometimes some worms of *N. cirrosa* may have very little, rudimentary postacicular lobe on neuropodia C-2.

We need to repeat that this character is only good to well-fixed worms longer than 20–25 mm and all worms must be painted.

MORPHOGENETIC PROCESSES IN SPONGES DURING A REGENERATION

A.V. Ereskovsky ^{1,2}, I.E. Borisenko ²

1 — Mediterranean Institute of Biodiversity and Ecology marine and continental (IMBE) UMR 7263, CNRS, Aix-Marseille University Marseille, France;

2 — Department of Embryology, Faculty of Biology, University of St. Petersburg, Russia

Sponges (phylum Porifera) branch basally in the metazoan phylogenetic tree and are composed of four distinct lineages: Demospongiae, Hexactinellida, Calcarea and Homoscleromorpha. Recent molecular studies propose that Homoscleromorpha are distinct from Demospongiae in which they were traditionally classified and may be regarded as a putative sister group of Eumetazoa (Gazave et al., 2012). For this reason, the Homoscleromorpha lineage is really worth studying since it is notably the only sponge group to possess a basement membrane with collagen IV and specialized cell-junctions, thus possessing true epithelia. In Homoscleromorpha, most morphogenesis processes follow the epithelial type: this is true the case for embryonic development, metamorphosis, growth, asexual reproduction, and aquiferous system development, that is related to the true epithelial structure of homoscleromorphs (Ereskovsky et al., 2012).

In order to investigate the fine cellular and genetic mechanisms of a morphogenesis it is necessary to have a convenient model. For this pur-

pose, we have combined several microscopy techniques to study the fine mechanisms of ectosome and more precisely, exopinacoderm regeneration in two anatomically similar non-skeletal sponges *Oscarella lobularis* (Homoscleromorpha) from Mediterranean Sea and *Halisarca dujardini* (Demospongiae) from the White Sea.

Sponges have high regeneration capabilities (Korotkova, 1997). Cells in the newly formed sponge tissues can transform by differentiation of pluripotent cells or from differentiated cells through its dedifferentiation (Funayama, 2012). In both scenarios active proliferation in the wound can take place since the cellular pool must be replenish for the body reparation. One of the main question of regenerative biologists for sponges is “Morphallaxis or epimorphosis?” because morphogenetic mechanism of this process in basal Metazoa is extremely important for understanding of the evolution of regenerative processes.

The unfolding of events during regeneration of both species (*Oscarella lobularis* and *Halisarca dujardini*) are similar — there are three main steps: (1) formation of “a regeneration plug”, (2) “regeneration membrane” development (epithelization of a wound surface), and (3) end of regeneration — the regenerate presents a functional exopinacoderm with ostia and aquiferous system canals. In spite of this similarity there are deep difference between two species based on a morphogenesis and cellular events.

In *O. lobularis* regeneration pass by morphallaxis, when lost body parts are replaced by the remodeling of the remaining tissue. In this type of regeneration, little or no cellular proliferation takes place during the regeneration process. Epithelial morphogenesis is the base for the new exopinacoderm and aquiferous system formation. These morphogenesis include (1) the flattening and (2) the spreading. There are two sources of new exopinacoderm. The first, the sheet of the endopinacocytes, covering the canals of aquiferous system adjoining to wound surfaces, migrates on a wound surface. The second source is intact exopinacocytes, surrounding a wound. The spreading (the crawling) of these exopinacocytes also accompanies by their flattening. This variant of the spreading is carried out by slip a layer of exopinacocytes through marginal zone to regenerate. Intact exopinacocytes keep intercellular contacts. The base of new ostia formation is an invagination.

On the other hand, the regeneration in *Halisarca dujardini* is an epimorphosis that requires active cellular proliferation and dedifferentiation prior to the replacement of the lost body part. The main mechanisms during the regeneration of *Halisarca* are: formation of wound

surface by the mesohylar cells and extracellular matrix fibers, the dedifferentiation of choanocytes and endopinacocytes, mesohylar cells migration to the wound surface, and covering of the wound surface where they flattened parallel to the surface, proliferation of the mesohylar cells and reassembling of the aquiferous system. Aquiferous system in an attached region of mesohyl undergoes deep reorganization, and active phagocytosis take place. Choanocytes and endopinacocytes remains undifferentiated before 48 h, when mesohylar cells form a new aquiferous system. In the unwounded sponge DNA synthesis occur in the choanocytes and in the amoebocytes – undifferentiated mesohyl cells, that is supposed a pluripotent cells of *Halisarca*. After wounding, the DNA-synthesize cells are disperse randomly in mesohyl. There are no any local area of cell’s proliferation in both mesohyl and exopinacoderm close to wound. The regeneration in *H. dujardini* is an epimorphosis that requires active cellular dedifferentiation prior to the replacement of the lost body part. Mesenchymal morphogenesis by mesenchymal-epithelial transformations is the main mechanism during *H. dujardini* regeneration.

Conclusion: we showed that morphogenetic processes found in sponges are as diverse and complex as those found in other animals. In true epithelial sponges (Homoscleromorpha), as well as in others, we find similar cell/layer movements, cellular shape changes involved in major morphogenetic processes. Thus, sponges can provide information enabling us to better understand early animal evolution at the molecular level but also at the cell/cell layer level. Indeed, comparison of molecular tools will only be of value if accompanied by functional data and expression studies during morphogenetic processes.

For the perspective, it is of special interest to compare these crucial morphogenetic processes between different sponge clades and between them and eumetazoans using different molecular approaches.

This study was partly funded by a RFBR (grant No 09-04-00337) and by a PICS-RFBR (grant No 5581 and 10-04-91053).

PRESENTATION OF THE MEDITERRANEAN INSTITUTE OF MARINE AND TERRESTRIAL BIODIVERSITY AND ECOLOGY (IMBE)

A.V. Ereskovsky

Mediterranean Institute of Biodiversity and Ecology marine and continental (IMBE) UMR 7263, CNRS, Aix-Marseille University Marseille, France

The Mediterranean Institute of marine and terrestrial Biodiversity and Ecology (IMBE), UMR CNRS 7263 – IRD 237, is a new research unit, in operation since January 1, 2012. The IMBE has been created in response to the need of society for better knowledge about the human-environment relationship at a time when all ecosystems, but particularly the coastal zone, are affected by numerous risks of environmental degradation. IMBE responds to key objectives of CNRS and IRD and aims to position itself with respect to international collaborative research. IMBE studies biological systems on land and in the ocean, with a particular interest in biodiversity and the functioning of ecosystems. The main goal is to improve conservation as well as the management of natural resources in the light of global change.

IMBE's more than 200 environmental scientists cover key areas of biodiversity, evolution, ecology, paleoecology and the human-environment relation (global ecology). Researchers use and develop approaches in basic and applied biology, including model development. The main geographical focus is the Mediterranean but European and global themes are included as well. Scientists at IMBE develop an integrative approach for the study of multiple aspects of biodiversity, from the perspective of evolution, function and paleoecology.

14 research teams work in 6 major research fields, including an interdisciplinary perspective towards the transfer of knowledge to the management of biodiversity. Research teams at IMBE study:

- impacts of climate and land use change (in the past as well as the future) on ecosystem functioning and on the delivery of ecosystem services;
- the human-environment relationship, primarily in the coastal zone (including the urban environment), by making the connection between watersheds and the marine ecosystem;
- the connection between molecular evolution and that of organisms, by studying phylogeography, genetic diversity, the role of modified gene expression for adaptive capacity, the diversification and reproduction of organisms.

Results obtained by IMBE are published in the peer-reviewed literature, but also provided to actors in ecosystem management, from the regional scale to global environmental policy.

ASSESSING TOP-DOWN AND BOTTOM-UP EFFECTS FOR *BOSMINA* POPULATION

A.A. Kasparson, L.V. Polishchuk

Department of General Ecology, Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University

Trophic structure is one of the key characteristics of communities and ecosystems as it often defines the relative abundance of species populations and overall functioning of the systems. Indeed, all species consume resources and, at the same time, the vast majority of them happen to be resources for other species. If we schematically represent these sorts of interactions as a three-level trophic chain, we can say that the abundance on the central level ("population") can be affected by resources (bottom-up regulation) and by predators (top-down regulation).

Initially it has been thought that community structure is predominantly shaped by the bottom-up effects (Elton, 1927; Lindeman, 1942; Lack, 1954). However, before long a radical view of communities as being regulated by top predators was proposed (Hairston et al., 1960). Though this idea has been fairly criticised (e.g. see Ehrlich & Birch, 1967), it has played its role in the progress in this field. After a short-term shift to the "top-down" perspective (Fretwell, 1977, 1987; Oksanen et al., 1981), ecologists have started to gradually acknowledge that the two types of effects might simultaneously affect the focal population or level (McQueen et al., 1986; Mittelbach et al., 1987). Therefore, what we should really look for are factors that cause the variation in the relative strength of top-down vs. bottom-up effects (Hunter & Price, 1992; Power, 1992).

The general approaches to deducing the role of nutrient loading and predators or the relative strength of their effects have been correlational studies (McQueen et al., 1986), natural and biomanipulation experiments (Brooks & Dodson, 1965; Shapiro, 1995), when predators were introduced into lakes, or factorial-design experiments (Vanni & Layne, 1997; Hunter, 2001). All these approaches have their pros and cons; moreover, they sometimes provide inconsistent results (Leibold et al., 1997).

Contrary to these studies, our approach relies on a new population metric for the relative strength of top-down and bottom-up effects on cladoceran populations (Polishchuk et al., 2013). As different from previous research, this metric is derived from demographic characteristics

of populations that can be altered by either the change in resource supply or the impact from the predator. Namely, the relative strength of top-down vs. bottom-up pressure can be estimated through the modified Edmondson-Paloheimo model (Edmondson, 1968; Paloheimo, 1974; Polishchuk, 1995) for the relationship between fecundity, proportion of adults and birth rate:

$$b = V \times \ln(1 + F \times A) \quad (1)$$

where b is per capita birth rate, V is egg development rate, F is fecundity and A is proportion of adults in the population.

Since fecundity in zooplankton is known to be dependent on resource abundance while proportion of adults – on the presence and intensity of predation by planktivorous fish, this equation can be used to derive a metric for the relative impact of resource supply (bottom-up effect) and predation (top-down effect) on the population growth (per capita birth rate). This metric (R) is the ratio of the absolute values of the contribution of change in the proportion of adults, $ConA$, and the contribution of change in fecundity, $ConF$, to the resulting change in birth rate:

$$R = \frac{|ConA|}{|ConF|}$$

In the abovementioned study (Polishchuk et al., 2013) it was shown that for experimental populations of *Daphnia* sp. that experienced high pressure from a simulated fish predator preying upon adult daphnids, R value was greater than 1. For the resource limited experimental populations with no selective elimination of adults this value was less than 1. These results were consistent with the R values derived from computer modelling.

In this work we present the results of assessing the R value as an indicator of the relative strength of top-down and bottom-up effects in a natural population of *Bosmina longirostris*.

Data were collected in the vicinity of the White See Biological Station from late June to early August 2012. Samples were taken at regular time intervals from five locations at the Vodoprovodnoye Lake; water temperature was estimated on the same dates at three levels of depth (0+, 0.5 m and 1 m). Phytoplankton samples were collected on six occasions to estimate the relative resource supply. The abundance of fish in the lake was not assessed. Apart from *B. longirostris*, zooplankton samples contained a number of rotifer species which are not taken into account here. For each sample the number of adult and juvenile indi-

viduals was recorded and for the adults — the presence and the size of egg clutches.

We used these data to calculate fecundity as well as proportion of adults for the zooplankton population studied. The egg development rate was estimated from the water temperature values using the formula by Bottrell et al. (1976). Then birth rate was calculated from Eq. 1. Finally, fecundity, proportion of adults and egg development rate were used to calculate the contributions of these variables to the change in *B. longirostris* birth rate on a sampling interval basis. The analysis was performed using a QBasic program (for the code and more details on the calculation procedure see Polishchuk et al., 2013).

Although in the field, contrary to the microcosm experiments (Polishchuk et al., 2013), water temperature and the egg development rate varied and contributed to changes in birth rate, the major changes in birth rate were associated with the contributions of fecundity and proportion of adults.

For 10 out of 12 sampling intervals, R values were less than 1. We suggest that this indicates strong resource limitation of the *B. longirostris* population in the Vodoprovodnoye Lake. The suggestion is supported by the pattern of change in the population numbers along with phytoplankton abundance. However, it seems at odds with the previous findings of Bizina (2000) that in 1997 zooplankton in that lake was strongly affected by fish. This may be because at present there is no connection between the Vodoprovodnoye Lake and the Verkhneye Lake, which is bigger and is supposed to provide a source fish population for the Vodoprovodnoye Lake. Without an input of planktivorous fish from the outside, zooplankton of the Vodoprovodnoye Lake may be controlled largely by food.

METAL FORMS IN SEDIMENTS FROM SEPARATING BASINS OF THE
KARELIAN SHORE
(KANDALAKSHA BAY, WHITE SEA, RUSSIAN ARCTIC).

S.E. Koukina, A.A. Vetrov

P.P. Shirshov Institute of Oceanology
of the Russian Academy of Sciences

The present study continues the series of environmental researches of the White Sea restricted exchange environments. In this work, the TOC

and metals (Fe, Mn, Cu, Zn, Cr and Pb) distribution in surface sediment samples from Kisloslaskoe Lake, Zeleny Mis Lake and small separating lagoons of the Karelian shore was determined and discussed in relation to the hydrological and hydrochemical features of the basins that were studied. Since major and trace element speciation is essential in processes such as the toxicity and bioavailability of pollutants in natural systems, the special goal of the research is the comparative study of ecologically significant metal forms in sediments.

The specific conditions of the shallow separating basins of the White Sea include contrasting oxidising conditions within the water column and the occurrence of anoxia zones in the bottom depressions that may spread throughout the water body during the winter. The maturation of the sediments is strongly affected by small-scale variability in their physical and chemical conditions.

The observed trace heavy metal contents in the sediments from the separating basins were comparable to corresponding values for other White Sea regions that are uncontaminated by trace heavy metals and were below the threshold levels according to sediment quality guidelines (Table 1). Therefore, in the restricted exchange environments that were studied, no significant contamination by trace heavy metals (Pb, Cu, Zn and Cr, in particular) was detected. The total metal distribution in relation to the oxic-anoxic boundary within the upper few centimetres of the sediment column revealed elemental affinity toward different sediment components. Fe, Mn, Cr and, to a lesser extent, Pb preferentially accumulate within the top oxic layer due to precipitation with Fe-oxyhydroxides. Accumulation of Cu in the surface oxic sediments is controlled to a greater extent by organic matter sedimentation processes. The observed Zn enrichments in the anoxic subsurface zone are most likely controlled by a sulphide-associated phase (Table 2).

The comparative study of the two most bioavailable metal forms that were labile (acid soluble) and organically bound (alkali soluble) showed that acetic acid and sodium pyrophosphate released comparable amounts of metals from the sediments, i.e. 3–11% and 2–12% of the total metal content, respectively. The most bioavailable parts of metals are weakly bound to organic matter and, to a greater extent, associated with easily soluble amorphous Fe-oxides that are abundant in terrigenous sediments. Organic matter starts to play a critical role in the concentration of metals via ligand binding in organic rich sediments (TOC ≥ 5%). Among the elements that were studied, the most bioavailable part of Zn and Cu was most likely bound to organic substances,

whereas bioavailable Cr and Mn were controlled to a greater extent by the formation of Fe-oxyhydroxides.

Table 1. Mean metal contents ($\mu\text{g g}^{-1}$) in the surficial sediments from the Karelian shore separating basins, Karelian shore small bays, Chupa estuary, Dvina Bay, effects range-low (ERL) and effects range-median (ERM) sediment quality guidelines values for trace metals; n — number of samples, SD — standard deviation to nearest $\mu\text{g g}^{-1}$, * — range of contents for <63 μm sediment fraction.

	n	Pb	Cu	Zn	Cr	Source
Karelian shore separating basins	10 SD	4 2	16 12	118 70	41 18	Present study
Karelian shore small bays	18 SD	16 8	16 11	141 26	169 46	(Koukina et al., 2003)
Chupa Bay*	11 Range	21 12–25	18 15–22	85 57–110	nd nd	(Millward et al., 1999)
Dvina Bay	13 SD	20 14	21 8	76 27	84 26	(Koukina et al., 2001)
ERL guideline value	incidence of adverse effect 20–30%	47	34	150	81	(Long et al., 1995)
ERM guideline value	incidence of adverse effect 60–90%	218	270	410	370	(Long et al., 1995)

The elements studied can be arranged in the following decreasing order of average potential bioavailability: Cu>Zn>Mn>Fe>Cr>Pb. Among the sites studied, the elevated contents of bioavailable metal forms are related to sediments that are enriched in organic matter and/or located within sea water/fresh water barrier zones.

The observed amounts of labile and organically bound metal forms exceeded corresponding values for previously studied small bays of the Karelian shore (Table 3). Therefore, in the separating basins, the rela-

tive proportion of labile bioavailable metals is enhanced in relation to the neighbouring open coastal sea, possibly due to the spread of anoxic conditions across sediments and water levels. Thus, under separation processes, sediments exhibit enhanced contents of bioavailable trace heavy metals.

Table 2. Metal partition in surface sediments.

Elements	Fe, Mn, Cr, Pb	Cu, TOC	Zn
Sediment layer	top oxic (0–1–3 cm)	top oxic (0–1–3 cm)	subsurface anoxic (1–3–6 cm)
Phase / process	co-precipitation with Fe-Mn oxyhydroxides	specific adsorption by organic matter via ligand binding	insoluble sulfide formation

Table 3. Bioavailable metal forms in surface sediments.

Extraction	Major metal fraction extracted	Basin	Elements	% of total metal content	Source
25% CH ₃ COOH	bound to amorphous Fe/Mn compounds	open bays	Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Pb	2–5%	Koukina et al, 2010
		separating basins	Fe, Mn, Cu, Zn, Cr	3–11%	present study
0.1 M Na ₄ P ₂ O ₇	organically bound	separating basins	Fe, Mn, Cu, Zn, Cr	2–12%	

BIOLUMINESCENCE AND FLUORESCENCE IN SCALE-WORMS (POLYCHAETA, POLYNOIDAE).

M. Plyuscheva¹, A. Goñi², V. Saprunova³ and F. Kondrashov¹

1 — Centre de Regulació Genòmica (CRG) Barcelona, Spain.; 2 — Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB, CSIC), Bellaterra, Catalunya, Spain; 3 — A.N.Belozersky Institute of Physico-Chemical Biology, Moscow State University, Moscow, Russia

Fluorescence is found in an unaccountably diverse array of marine organisms. It was hypothesized that ocean inhabitants would be able to use fluorescence for visual communication and signaling.

The spectrum of the bioluminescent emissions is often the same as that of the fluorescent ones. The currently known photoproteins are not fluorescent before reaction and their bioluminescence-excited states are the same as their fluorescence ones.

As for the scale-worms, “bioluminescent” species, like *Acholoe astericola*, show a yellowish fluorescence in UV light after subsiding of bioluminescence, while the “non-bioluminescent”, like *Lepidonotus clava*, show only a bluish fluorescence in the skeletal parts (Harvey, 1952).

Bioluminescent properties, fluorescence distribution and in vivo spectral characteristics were analyzed among five “bioluminescent” species and two “non-bioluminescent”. The fluorescence was measured using a high-resolution, high-throughput grating spectrometer equipped with a charge-coupled device (CCD) detector in combination with a confocal microscope.

Several sources of fluorescence were observed in all studied “bioluminescent” species. First source is so called by Bassot “photogenic area” (Bassot & Nicolas 1995), cells of ventral epithelium, surrounding place of attaching elytra to elytraphore. This zone is visible from the ventral side of elytra and fluorescence signal is very bright.

From the dorsal side all elytra of scale worms covered by tubercles. Excited with UV light tubercles are found to show bright bluish fluorescence in both “bioluminescent” and “non-bioluminescent” species.

The third source of fluorescence in “bioluminescent” species is located at the dorsal side of elytra in dorsal epithelial cells. This

source can be observed after several repetitions of bioluminescent stimulations.

In all studied species were observed the same emission spectrum. With UV excitation there is a narrow peak at 506–515 nm maximum, a wide shoulder around 600 nm maximum and a peak at 680 nm. With 514 nm excitation emission is in the orange/red part of the visible spectrum at about 600 nm. According to the spectral characteristics we can observe 3 chromophores that can be a complex of different proteins or one protein with several cofactors.

Non-bioluminescent species have the same fluorescent system but ability to produce light is a question of morphological organization. The presence of polynoidin in “non-luminescent” species suggests that the ability to bioluminescence has been lost and that bioluminescence is a function of morphological adaptation (Plyuscheva & Martin 2009).

Bioluminescent reaction depends on presence of Ca^{2+} in environment but it's not an intracellular Ca^{2+} that is in charge of reaction.

Muscarinic acetylcholine receptors are involved in nerve control of bioluminescent reaction.

ULTRASTRUCTURE AND MORPHOLOGY OF THE BIOLUMINESCENT SYSTEM IN “BIOLUMINESCENT” AND “NON-BIOLUMINESCENT” SCALE-WORMS (POLYCHAETA, POLYNOIDAE).

N.B. Aneli¹, V.B. Saprunova², M.V. Plyuscheva³

1 — Experimental Factory for Scientific Engineering of the Russian Academy of Sciences, 2 — A.N.Belozersky Institute of Physico-Chemical Biology, Moscow State University, Moscow, Russia, 3 — Centre de Regulació Genòmica (CRG) Barcelona, Spain.

Among the segmented marine worms (Annelida, Polychaeta), the species of the order Polynoidae (together with some other like Pholoididae or Sigalionidae) are commonly known as scale-worms because their dorsum is covered by ornamented scales (referred to as elytra) (Beesley et al. 2000). Polynoids are found worldwide from the tropics to the Antarctic (Hartman 1978) and the Arctic (Britaev et al. 1986). They occur from the intertidal (Hanley & Burke 1990) to deep waters (Levenstein 1981, 1984; Pettibone 1989), where they have been reported from abyssal and hadal depths (Hartman 1971), and may be common on both soft and hard bottoms.

The series of paired elytra are attached to dorsal prominences, called elytophores, arising from the notopodia of segments 2, 4, 5, 7, and successively on alternate segments on the anterior part of the body, and then with a variable distribution in posterior segments (Beesley, et al. 2000). The number of pairs of elytra is constant within a genus, and varies from relatively few (7–21) to very numerous. Elytra can be minute or large and overlapping (covering the entire dorsum or leaving the mid-dorsum and posterior end uncovered), and can be smooth, covered with micro- or macrotubercles, or with fringed or smooth margins. In fact, the elytra are dorsal cirri modified in a flat, discoid expansion composed from a single-layered epithelium covered with a cuticle (Bassot & Nicolas 1995).

The elytra are moved by muscle and tendon cells and are provided with a rich variety of receptor cells (Anton-Erxleben 1981) so that they just function as a neuro-ectodermic organ. The middle compartment is crossed by the ramifications of a nervous plexus ending in sencili, histochemically rich in cholinesterases (Bassot & Nicolas, 1995). When polynoids loose their elytra, the elytophore remains as a stamp, which is rapidly closed by the musculature in the wound healing process. In some species, elytral dehiscence occurs across a distinct line and only during strong mechanical stimuli (Storch & Alberti 1995) while, in some others, the elytra autotomize easily at the level of the insertion of its elytophore. Then, elytra can be regenerated in 10–15 days (Nicolas 1977).

For the first time bioluminescence of scale worms was described by Quatrefages in 1843, but the best and most full description has been given by Panceri (1875) who studied *Malmgreniella lumulata* (Delle Chiaje, 1830) (old name *Polynoe lumulata*), and *Subadyte pellucida* (Ehlers, 1864) (old name *Pholoe brevicornis* Panceri, 1875). Bioluminescence is restricted to the scales, a pair to a segment, which cover the dorsal surface of the worm in two imbricated rows, like shingles on a roof. Panceri noted that the luminous region might cover the entire scale (except for point of attachment) or a half-moon-shaped area of light, depending on the species.

The initial idea about the morphology of bioluminescent system and photogenic cells must be attributed to Quatrefages (1843) who erroneously thought muscles were the source of light. Second idea came from Panceri (1875), who mentioned superabundance of nerve fibres in the elytra and decided that nerve endings might be the source of light. Jourdan in 1885 prepared serial sections of scales and suggested the

role of photogenic cells to modified ventral epithelial cells, that was looking like secretory cells. In 1909 Kutschera, working on *Acholoe astericola* (Delle Chiaje, 1841) in which the light beginning in the half-moon-shaped region and spreading over all the scale, concluded that light organs are presented by the cuticular papillae and gland cells, which are supposed to secrete a luminous material into the sea water through a canal and pore. In addition to the luminous papillae there were tooth-like projections with few underlying cells on the anterior margin of the scale. There function was not determined but presumably was sensory. Dalhgren (1916) figured the tooth-like projections and the papillae on *Lepidonotus squamatus* (L. 1758) scales and was inclined to interpret light production as did Kutschera.

Newton Harvey was examined *Acholoe astericola* in ultraviolet light and observed brightly yellowish fluorescence over the scales after stimulation of bioluminescence, while the non-bioluminescent *Lepidonotus clava* (Montagu, 1808), show only a bluish fluorescence in the skeletal parts under ultraviolet light, both in the upper and lower sides of the elytra (Harvey, 1926).

Next studies were done by Bonhomme in 1940 and 1942 on *Harmothoe impar* with a large fluorescent crescent on each scale and *Malmgreniella lunulata* with a very small crescent. He designated as a photogenic area fluorescent group of cells on the ventral surface of the scale, called them "photocytes". These were cells with rather large elliptical nuclei and are packed with large secretion granules, deformed by their closeness to each other. He held some biochemical tests of this granules and reaction to fat and mucus stains was negative, but gave a positive reaction for protein tests and concluded that it should be a protein-substrate combination.

J.-M. Bassot in 1966 continues to work on *Acholoe astericola* bioluminescence. He supported idea of Bonhomme that photogenic tissue located in the ventral epithelium of scale and described the ultrastructure of photosomes, special organelles that made of tubules of endoplasmic reticulum, curved and disposed regularly in a paracrystalline array. Photosomes situated at the periphery of the photocytes are enclosed in pouches which bathe in the extracellular space of the middle compartment (Bassot and Nicolas, 1995).

In 2009 by Plyuscheva and Martin showered that major bioluminescent signal arriving from the dorsal side of scale and thus ventral epithelium can not be a source of light production. They described fluo-

rescence of tubercles of "bioluminescent" and "non-bioluminescent" species and proved the presence of bioluminescent protein in "non-bioluminescent" *Lepidonotus squamatus*. In this work Plyuscheva and Martin suggesting another interpretation of bioluminescent system morphology based on unknown fluorescence of tubercles that can play a role of lens that increase bioluminescent signal, in this case light producing organs should be located around the tubercles.

***Harmothoe imbricata* L. 1767**

H. imbricata carries 15 pairs of elytra with almost roundish anterior pair and more oval to posterial end. Elytra of *H. imbricata* is composed from a dorsal and ventral single-layered epithelium covered with a cuticle. The middle compartment is crossed by the ramifications of a nervous plexus.

Dorsal cuticle is organized by a thin layer of epicuticle (0.186 μ) and 30–40 parallel layers of collagen fibrils (0.127 μ) arranged in orthogonal order (total 2.6 μ). In-between the fibers could be observed small electron dense granules.

The dorsal side of scale covered with numerical microtubercles of regular conical shape. In cuticle organisation of tubercle 3 layers can be distinguished: electron-dense external without collagen fibrils, less dense middle layer with chaotically organized collagen fibrils and electron-dense internal one with rare inclusions of collagen fibrils.

Ventral cuticle is organized by a thin layer of epicuticle (0.15 μ) and about 20 parallel layers of collagen fibrils (0.1 μ) arranged in orthogonal order (total 2.12 μ). In-between the fibers could be observed small electron dense granules.

Under the dorsal cuticle situated is a single layer of epithelial cells without any basement lamella. It is a simple, cuboidal epithelium consisting from two types of cells, supportive and secretory. The apical surface of supportive cells bear microvilli going into the cuticle, pass all the layers of collagen fibrils till the epicuticle. The main part of epithelial cell is occupied by irregular shape nucleus. Fine neural processes occasionally extend between the lower lateral margins of the cells and are common along basal surfaces, especially of secretory cells.

Secretory cells in all the cases are situated in the tubercle cavity. This cells are filled by electron-dense granules surrounded by membrane.

***Lepidonotus squamatus* L. 1767**

L. squamatus carries 12 pairs of elytra with almost roundish anterior pair and more oval to posterial end. Dorsal side of scales covered with macrotubercles and papillae. Elytra of *L. Squamatus* is composed from a dorsal and ventral single-layered epithelium covered with a cuticle. The middle compartment is crossed by the ramifications of a nervous plexus.

Dorsal cuticle is organized by thin layer of epicuticle ($0.536\ \mu$) and 100–120 parallel layers of collagen fibrils arranged in orthogonal order (total $17.7\ \mu$). In-between the fibers could be observed small electron dense granules.

The dorsal side of scale covered with numerical macrotubercles of irregular shape. In cuticle organisation of tubercle 3 layers can be distinguished: electron-dense external without collagen fibrils, less dense middle layer with chaotically organized collagen fibrils and electron-dense internal one with rare inclusions of collagen fibrils, internal cavity is absolutely empty.

Under the dorsal cuticle situated is a single layer of epithelial cells without any basement lamella. It is a simple, cuboidal epithelium consisting from mixed cell type bearing features of both, supportive and secretory cells. The apical surface of epithelial cells bear microvilles going into the cuticle, pass all the layers of collagen fibrils till the epicuticle. The main part of epithelial cell is occupied by irregular shape nucleus. Fine neural processes occasionally extend between the lower lateral margins of the cells and are common along basal surfaces.

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА ПЕСКОЖИЛА *ARENICOLA MARINA*

Д.В. Абрамочкин, Н.В. Теннова, В.С. Кузьмин, Г.С. Сухова
Каф. физиологии человека и животных Биологического ф-та МГУ им.
М.В. Ломоносова

В ходе эволюции сердце как обособленный циркуляторный орган впервые возникает у кольчатых червей (Annelida). Сердце аннелид представляет собой полый однокамерный орган, стенка которого состоит из 1–2 слоев миоэпителиальных клеток. Механизмы функционирования и регуляции такого простейшего пропульсаторного органа изучены крайне слабо, в частности отсутствуют сведения о

биоэлектрической активности клеток сердца аннелид. Одним из наиболее удобных объектов для изучения сердца аннелид является морская полихета пескожил (*Arenicola marina*), имеющая одну пару сердец диаметром до 3 мм. Сердца, левое и правое, перекачивают кровь из спинного сосуда в брюшной. Каждое из сердец работает в собственном ритме, который, согласно данным ранних исследований, слабо зависит от наполнения сердца и сохраняется при его изоляции из организма. В данной работе мы использовали метод внутриклеточной регистрации электрической активности с помощью плавающих микроэлектродов для исследования конфигурации потенциала действия (ПД) в изолированном сердце пескожила и изменения электрической активности под действием ацетилхолина (АХ) и адреналина (АДР).

В сердце пескожила наблюдалась типичная пейсмекерная активность с четко выраженной медленной диастолической деполяризацией, которая в зависимости от места регистрации активности могла плавно или же резко переходить в передний фронт ПД. Максимальный диастолический потенциал составлял в среднем $-58,4 \pm 3,2$ мВ, амплитуда ПД составляла $28,7 \pm 4,7$ мВ, длительность ПД на уровне 90% реполяризации — 2434 ± 430 мс. Данные характеристики электрической активности свидетельствуют о многогенном характере автоматии в сердце пескожила. Градиента автоматии в сердце *A. marina* не наблюдалось. Можно предположить, что все клетки сердца пескожила способны к генерации автоматической активности.

АХ (5×10^{-8} – 5×10^{-5} М) вызывал дозозависимое ускорение ритма за счет увеличения крутизны медленной диастолической деполяризации, а также уменьшение длительности ПД. В концентрации 5×10^{-5} М АХ вызывал увеличение частоты следования ПД в среднем в 2,5 раза по сравнению с контрольным уровнем. В нескольких экспериментах АХ вызывал тоническую деполяризацию, прекращение генерации ПД и остановку сердца в систоле. Негидролиземый аналог АХ карбахол (10^{-8} – 10^{-6} М) вызывал аналогичные эффекты. Все эффекты АХ и карбахола полностью снимались атропином (5×10^{-6} М), с другой стороны, d-тубокурарин (5×10^{-5} М) не влиял на выраженность эффектов АХ и карбахола. АДР (10^{-8} – 10^{-6} М) вызывал замедление пейсмекерной активности и выраженное уменьшение длительности ПД. В концентрации 10^{-6} М АДР

вызывал полную остановку сердца. Эффекты АДР не изменялись на фоне β -адреноблокатора пропранолола (5×10^{-6} М). β -агонист изопроterenол (10^{-7} – 10^{-5} М) и α -агонист ксилонитазолин (10^{-6} – 10^{-5} М) не вызвали достоверных эффектов. Таким образом, холинергические эффекты в сердце *A. marina* опосредованы, по всей видимости, мускариновыми рецепторами, в то время как рецепторная природа адренергических эффектов требует дальнейшего изучения.

Хорошо известно, что в миогенных сердцах позвоночных и большинства обладающих миогенной ритмикой беспозвоночных АХ вызывает замедление автоматической активности, в отличие от многих сердец с нейрогенной автоматией. Исключение составляют лишь сердца некоторых насекомых, двусторчатых моллюсков из семейства мидиевых, а также изученное нами сердце пескожила. Однако лишь в нашей работе была показана возможность опосредования подобных эффектов рецепторами, подобными мускариновым, что заставляет предположить существование в миокарде этих животных принципиально нового сигнального пути, запускающегося при активации мускариновых рецепторов и опосредующего ускорение ритма и усиление сердечных сокращений.

ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА НА ББС ИМ. Н.А. ПЕРЦОВА

А.Р. Аляутдинов, С.М. Кошель, Т.Е. Самсонов,
Д.В. Тарнопольский

Географический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

С 2011 г. на ББС им. Н.А. Перцова проводится топографо-геодезическая практика для студентов 2 курса кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ. Продолжительность практики — 2–3 недели в июне. Ежегодно в ней участвует 15–17 студентов и 3–4 преподавателя. Специфика береговой зоны и характерных для нее уникальных гео- и экосистем, суточная изменчивость топографической обстановки (приливы и отливы), особые атмосферные условия (полярный день), геологические условия (скальные и песчаные грунты), возможность проведения исследований на акватории — все это делает территорию ББС МГУ отличным полигоном для освоения методических и технических нюансов топографо-геодезических работ, их адаптации к

объекту исследования. Знакомство с нестандартным сочетанием природных факторов повышает природоведческие компетенции студентов-картографов, а их учет при выполнении съемок и получение наглядных результатов усиливают понимание роли геодезии и картографии в изучении Земли. Немаловажное значение для проведения практики играют и те благоприятные условия, которые созданы на биостанции усилиями ее сотрудников и руководства.

Основная цель практики — свести воедино представления о структуре и динамике поверхности суши и морского шельфа, методике их детального картографирования, технике выполнения подстилающих топографо-геодезических работ, а также использования новейшего цифрового геодезического оборудования и специализированного программного обеспечения обработки измерений, построения баз пространственных данных и составления карт. Все полевые навыки предваряются основательной теоретической подготовкой. Основные курсы, на которых базируется практика — это «Геодезические основы карт», «Основы спутникового позиционирования», «Основы дистанционного зондирования Земли», «Топография», «Геоинформатика» и «Высшая математика с основами программирования». Большое значение в проведении практики играет постоянное присутствие на станции специалистов-биологов, геологов, географов, которые дают ценные консультации в своей научной области. Для методического обеспечения практики готовится к изданию учебное пособие.

В процессе практики у студентов формируются умения выполнять разбивку сети плано-высотного обоснования (ПВО) с учетом особенностей местности и масштаба съемки; владение практическими навыками ПВО с помощью высокоточной аппаратуры глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) GPS и ГЛОНАСС, триангуляции, полигонометрии и геометрического нивелирования; умение выполнять тахеометрическую съемку, построение профилей и трехмерных моделей местности с помощью электронного оборудования — тахеометров, цифровых нивелиров, лазерных сканеров, полевых планшетных компьютеров; владение методикой обработки и уравнивания результатов геодезических измерений и составления топографических планов на их основе. По результатам выполнения практики студентами формируется отчет утвержденной структуры.

Основные цифровые и графические отчетные материалы по работам — это таблицы уравненных высот и координат пунктов

ПВО, схемы теодолитных и нивелирных ходов, схемы ГНСС-наблюдений, профили тригонометрического нивелирования, трехмерные модели, базы данных и топографические планы берегов.

Результаты практики имеют прикладное и научное значение. Так, в течение 2011–2012 гг. был отснят участок побережья длиной около 2 км. Полученный план в масштабе 1:1000 (в 1 см 10 м) с высокой детализацией отражает рельеф береговой зоны, распространение приливно-отливной полосы, распределение различных типов растительности и грунтов, местоположение валунов и их скоплений. Для составления плана использовалась база пространственных данных, полученная по результатам тахеометрической съемки. Данные используются геоморфологами географического факультета МГУ при изучении динамики береговой зоны. В 2012 г. методом тригонометрического нивелирования было построено 4 крупных поперечных профиля полуострова Киндо (длина каждого профиля около 3 км, 250 пикетов), которые будут использованы в исследованиях истории геологического развития данной территории. В 2013 г. предполагается расширить покрытие составленного топографического плана на акваторию — для построения рельефа морского дна будет использовано эхолотирование. По данным кадастровых съемок в настоящий момент составляется интерактивная веб-карта территории биостанции.

Развитие практики требует расширения территориального охвата съемок и разнообразия картографируемых сюжетов. Исследования на ББС МГУ ведутся не только вблизи самой станции, но и на окружающих ее акваториях и территориях, близлежащих островах. Составление карт дает наглядный инструмент исследования закономерностей распределения и динамики объектов и явлений в пространстве. Базы данных, получаемые по результатам съемок, удобны для оперативного доступа и анализа. В частности, интересным развитием морского направления представляется составление карт подводной растительности, животного мира, донных отложений. Другое возможное направление — съемка рельефа для обоснования геофизических и геоморфологических работ. Все эти направления могут быть реализованы в тесном взаимодействии со специалистами, которые приглашаются к сотрудничеству. По результатам совместных работ может быть создана геоинформационная система района ББС МГУ, отражающая его топографические, биологические, геологические, геоморфологические и геофизические особенности.

КОНЬЮГАТЫ (CHAROPHYTA, ZYGNEMATOPHYCEAE) ПРЕСНЫХ ВОДОЕМОВ БЕЛОМОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ МГУ

О.В. Анисимова¹, Е.Ф. Терлова²

1 — Звенигородская биостанция МГУ; 2 — каф. микологии и альгологии Биологического ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова

Изучение альгофлоры озер и болот Северных регионов России проводят с начала XX в. К настоящему времени для этой территории известно более 700 видов, разновидностей и форм зигнематофициевых водорослей. По Карелии исследования конъюгат немногочисленны, в основном списки их видов встречаются в работах, посвященных изучению полных альгофлор.

Болота Карелии изучены с позиций почвенной альгологии. В книге Э.А. Штиной с соавторами (1981) рассмотрены воздействия природных и антропогенных факторов на развитие и трансформацию альгоценозов. Среди прочего, в книге приводится флористический список, насчитывающий 66 видов и разновидностей десмидиевых и зигнемовых водорослей, обитающих в болотах Карелии.

Первая обобщающая сводка об альгофлоре рек и озер Карелии — это монография С.Ф. Комулайнена с соавторами (2006). На основе обобщения результатов собственных многолетних исследований (1971–2004 гг.) авторами составлен систематический каталог современных представителей водорослей 190 озер и 83 рек Карелии. Рассмотрены особенности таксономической структуры сообществ водорослей как важнейших компонентов разнотипных водных экосистем карельского северного региона. По данным этой публикации, настоящему времени в альгофлоре карельских озер и рек выявлено 1092 вида и разновидности, которые относятся к 221 роду из 10 отделов водорослей, из них конъюгаты представлены 125 видами.

Одной из первых специализированных работ была опубликована статья Е.К. Косинской (1936), в которой автор привела список из 42 видов и разновидностей десмидиевых водорослей, найденных в озере Монче. В 1950 г. опубликовано дополнение к флоре водорослей северной Карелии (Воронихин, 1950), где указывается 20 видов из 8 родов конъюгат. Результаты исследований конъюгат некоторых водоемов Карелии опубликованы в серии статей А.Ф. Лукницкой (1999, 2004, 2010), дополняющих знания о флоре конъюгат Карелии.

Единственные сведения о конъюгатах Беломорской биологической станции (ББС) представлены в «Каталоге биоты...» (2008), в котором среди более чем 6000 таксонов живых организмов, найденных на территории ББС, приведено 125 видов, разновидностей и форм из класса Zygnematorphyceae.

Таким образом, к настоящему времени для водных объектов Карелии известно 282 вида, разновидности и формы конъюгат.

Материалом для нашей работы послужили сборы обрастаний, выполненные авторами в июле 2011 и 2012 гг. в озерах (Водопроводное, Верхнее, Круглое, Н. Ершовское), безымянных болотах, заболоченных долинах и ручьях на территории ББС. Собранный материал зафиксирован формалином по стандартной методике (Вассер, 1989). Определение проводили с использованием светового (Leica DM1000) и сканирующего электронного (Jeol JSM-6308LA) микроскопов по отечественным и зарубежным определениям (Косинская, 1952, 1960; Паломарь-Мордвинцева, 1982; Kouwets, 1987; Lenzenweger, 1997; Coesel, Meesters, 2008; Štátný, 2008). Оценку частоты встречаемости проводили по шкале, предложенной С.М. Вислоухом (Кордэ, 1956). При составлении таксономического списка водорослей использована система конъюгат, принятая в монографии P.F.M. Coesel и K.J. Meesters (2008).

В результате исследования обнаружено 104 вида и разновидности водорослей, относящиеся к 22 родам, 5 семействам из 2 порядков класса Zygnematorphyceae. По числу видов лидирует семейство Desmidiaceae (75 таксонов видового и внутривидового ранга). Наибольшим видовым разнообразием отличаются роды *Cosmarium*, представленный 25 видами, *Closterium* — 20 и *Euastrum* — 13 видами. Другие роды насчитывают не более 7 видов каждый. Во всех исследованных нами водных объектах постоянно встречались четыре вида *Closterium parvulum* Nag., *C. striolatum* Ehr., *Euastrum ansatum* (Ehr.) Ralfs и *Tetmemorus granulatus* (Bréb.) Ralfs. Большинство видов конъюгат специфичны для разных болот и озер.

Массового развития достигали пять видов: *Closterium parvulum*, *C. striolatum*, *C. rostratum* Ehr., *Cosmarium botrytis* и *Desmidium schwartzii* Ag. В июле 2012 г. *Cosmarium botrytis* вызывал «цветение» в нескольких заболоченных луговинах, развиваясь в массовом количестве в придонных слоях, образуя ярко-зеленые слизистые скопления. В заболоченном ручье вблизи моря массово раз-

вивался *Tetmemorus granulatus*, обильно обрастая сфагновые мхи, погруженные в воду.

Для некоторых видов, из числа встреченных на ББС, известна приуроченность к условиям среды обитания по отношению к минерализации (54 олигогалобных вида), pH среды (16 ацидофильных и 7 индифферентных таксонов) и подвижности водных масс (27 видов, предпочитающих слабо подвижные воды). Особенности экологии этой группы водорослей, характеризующейся приуроченностью к нейтральным и слабокислым, деминерализованным стоячим водам показывает, что все озера и болота, где богато представлены и в массовом количестве развиваются конъюгаты, это пресные водоемы, не смотря на близость морских вод. При малейшем засолении представители конъюгат развиваются с очень низкими оценками обилия или исчезают вовсе. Так, в оз. Кислосладком и в прибрежных заболоченных участках представителей конъюгат нами не встречено. В заболоченном участке леса на берегу моря в зоне до 5 м от супралиторали десмидиевые водоросли не обнаружены, не смотря на развитие на этом участке сфагновых мхов. Первые находки единично встречающихся видов начинаются на участках, резко отграниченных от побережья рельефом с минерализаций не выше 0,03 г/л.

В итоге, с учетом данных литературы (Каталог биоты..., 2008) для пресных водных объектов ББС известно 165 видовых и внутривидовых таксонов конъюгат из 34 родов, 6 семейств и 2 порядков. Проведенное сравнение с кадастром видов Карелии (Комулайнен и др., 2006) выявило 47 видов, разновидностей и форм новых для региона. Сравнение с кадастром видов Севера России (сост. авторами по комплексу данных литературы) показало 8 видов, ранее не указанных для этой территории: *Closterium lineatum* var. *elongatum* (K. Rosa) Croasdale, *Cosmarium asphaerosporum* Wittrock, *Euastrum erosum* Lund. var. *granulosum* Ceder., *E. insulare* (Wittr.) Roy var. *silesiacum* (Grönb.) W.Krieg., *E. jenneri* W.Ar., *Stauroastrum simonyi* Heimerl, *Staurodesmus glaber* (Ralfs) Teil. и *S. spencerianus* (Nordst.) Teili.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 12-04-01288).

ДИНАМИКА ОБИЛИЯ ПИКОФИТОПЛАНКТОНА В ПРОЛИВЕ ВЕЛИКАЯ
САЛМА В ТЕЧЕНИЕ ПРИЛИВНОГО ЦИКЛА

Т.А. Белевич, Л.В. Ильяш, Л.С. Житина

Каф. гидробиологии Биологического ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова

К пикофитопланктону (ПФ) относят цианобактерии и эукариотные водоросли с размерами клеток менее 3 мкм. ПФ — это важнейший компонент фитопланктонного сообщества. В периоды низкого обилия нано- (3–20 мкм) и микрофитопланктона (20–200 мкм) пикоформы могут давать основной вклад в суммарную биомассу и продукцию фитопланктона. Изучение ПФ в проливе Великая Салма Кандалакшского залива Белого моря начато нами в 2009 г. Были оценены обилие ПФ, особенности его пространственного распределения (включая распределение по глубине) в весенний и летний периоды (Белевич, Ильяш, 2010, 2012). Оценку обилия автотрофного пикопланктона в осенний период до настоящего времени не проводили не только в проливе, но и в других районах Белого моря.

Район, включающий пролив Великая Салма и Ругозерскую губу, характеризуется интенсивными приливными течениями. В частности, в вершине Великой Салмы, где расположен порог с глубинами до 5 м, осложненный островами с узкими проливами между ними, скорость приливных течений достигает 80–100 см/с (Пантюлин, 2012). Здесь происходит полное вертикальное перемешивание вод, что ведет к формированию выраженной горизонтальной термохалинной структурированности вод в проливе (при полной вертикальной однородности градиенты характеристик направлены горизонтально). Протяженность области, занятой водами такой структуры, составляет 7–10 км. С обеих сторон область ограничена структурными фронтами. Горизонтальное продольное смещение фронтов за приливный цикл составляет около 3 км (Пантюлин, 2012). С учетом столь выраженной динамики вод в проливе, закономерна постановка вопроса: изменяются ли структура и обилие фитопланктона в течение приливного цикла.

В работе представлены данные о численности и биомассе пикофитопланктона, а также о доминирующих видах и биомассе нано- и микрофитопланктона в проливе Великая Салма в марте, июле-августе и октябре 2012 г.

Исследования проводили на базе Беломорской биостанции МГУ им. М.В. Ломоносова (66°34' N, 33°08' E). Пробы воды отбирали с поверхностного горизонта с пирса ББС. В марте отбор проб подледной воды проводили из лунки во льду возле пирса. Всего отобрано и обработано 42 пробы. Методика количественного учета ПФ, нано- и микрофитопланктона (Н-МФ) приведена в работе (Белевич, Ильяш, 2012). Для сравнения степени варьирования биомассы ПФ и Н-МФ во времени использовали коэффициент вариации CV. Достоверность различий средних значений биомассы оценивали по критерию Манна-Уитни, а достоверность различий CV — по критерию Флайгнера-Киллена (Fligner-Killeen Test) с использованием программы PAST (PAleontological STatistics) Version 2.04.

Видовой состав фитопланктона. Во все сезоны ПФ пролива представлен цианобактериями и эукариотными водорослями. Определение пикоформ до вида возможно только на основе молекулярно-генетических методов, поэтому судить о видовом богатстве ПФ пролива мы не можем. Известно, что в полярных водах пикоцианобактерии представлены почти исключительно родом *Synechococcus*, а видовое разнообразие пикозукариот исчисляется несколькими десятками видов. В полярных и умеренных водах наибольшего обилия достигают празиофитовые водоросли родов *Micromonas*, *Bathycoccus* и *Ostreococcus*. Можно предположить, что эти водоросли входят в состав эукариотного пикопланктона и в Белом море.

В видовом составе Н-МФ обнаружено более 180 видов водорослей. Максимальное число видов (110) отмечено в летние месяцы, минимальное — осенью (70 таксонов). Во все сезоны наиболее разнообразно были представлены диатомеи и динофлагеллаты. Отмечены также цианобактерии, представители золотистых, диктиоховых водорослей, хоанофлагеллаты, неидентифицированные мелкие жгутиковые и коккоидные водоросли, цисты динофлагеллат и золотистых водорослей, споры диатомей.

Обилие фитопланктона. Численность и биомасса отдельных размерных групп фитопланктона варьировали по сезону и в течение приливного цикла.

Март. Численность ПФ в подледной воде составляла $0,06 \times 10^6$ кл./л как в прилив, так и в отлив. На малой воде ПФ был представлен преимущественно цианобактериями, на полной воде —

эукариотами. Средняя биомасса ПФ составляла $0,06 \pm 0,08$ мг C/m^3 . Биомасса Н-МФ в течение приливного цикла колебалась от $1,13$ мг C/m^3 (полная вода) до $6,75$ мг C/m^3 (малая вода). В составе Н-МФ по биомассе преобладали динофлагелляты *Dinophysis acuminata* и *Dinophysis norvegica*. Их относительная биомасса составляла 41% и 11%, соответственно. Вклад ПФ в суммарную биомассу фитопланктона составлял 0,1% в полную воду и 1,6% на малой воде.

Июль-август. Численность ПФ изменялась на малой воде в пределах $4,3 \times 10^6 - 13,0 \times 10^6$ кл./л (среднее $7,04 \pm 2,6 \times 10^6$ кл./л), в полную воду — в пределах $4,7 \times 10^6 - 10,2 \times 10^6$ кл./л (среднее $7,9 \pm 1,8 \times 10^6$ кл./л). Средняя биомасса ПФ составляла на малой воде $1,51 \pm 0,65$ мг C/m^3 , на большой воде — $1,57 \pm 0,38$ мг C/m^3 . Средняя биомасса Н-МФ составляла $22,5 \pm 8,8$ мг C/m^3 (отлив) — $19,0 \pm 6,84$ мг C/m^3 (прилив). Средние значения биомассы как ПФ, так и Н-МФ на малой и большой воде достоверно не различались. Не выявлено и достоверного различия между коэффициентами вариации биомассы ПФ (CV=33%) и Н-МФ (CV=35%). Вклад ПФ в суммарную биомассу фитопланктона колебался от 2,5 до 14%.

Среднее (по всем наблюдениям не зависимо от стадии приливного цикла) значение биомассы ПФ в летний период составило $1,54 \pm 0,52$ мг C/m^3 , а средняя биомасса Н-МФ равнялась $20,76 \pm 7,84$ мг C/m^3 .

ПФ был представлен преимущественно цианобактериями. Численность эукариотных пиководорослей была в среднем на порядок меньше численности прокариот. В Н-МФ по биомассе преобладали диатомовые водоросли (37–89% от суммарной биомассы). Доминировали диатомовые центрические водоросли *Skeletonema costatum*, *Coscinodiscus concinnus* и виды рода *Chaetoceros*. К середине августа в состав доминирующих видов стала входить динофитовая водоросль *Heterocapsa triquetra*, ее вклад в суммарную биомассу увеличился до 22%. Структура сообщества в целом была типичной для летнего периода (Ильяш и др., 2003).

Октябрь. В полную воду численность ПФ изменялась от $2,28 \times 10^6$ до $9,11 \times 10^6$ кл./л (среднее $3,88 \pm 2,59 \times 10^6$ кл./л), в малую воду — от $0,95 \times 10^6 - 3,78 \times 10^6$ кл./л (среднее $2,79 \pm 1,26 \times 10^6$ кл./л). Средняя биомасса ПФ в отлив составила $0,82 \pm 0,44$ мг C/m^3 , в прилив — $0,81 \pm 0,39$ мг C/m^3 . Средняя биомасса Н-МФ в отлив — $3,62 \pm 3,07$ мг C/m^3 , в прилив — $2,76 \pm 1,06$ мг C/m^3 . Средние значения биомассы как ПФ, так и Н-МФ на малой и большой воде до-

стоверно не различались. Не выявлено и достоверного различия между коэффициентами вариации биомассы ПФ (CV=47%) и Н-МФ (CV=64%).

Среднее (по всем наблюдениям не зависимо от стадии приливного цикла) значение биомассы ПФ в октябре составило $0,81 \pm 0,38$ мг C/m^3 , а средняя биомасса Н-МФ составила $3,10 \pm 1,99$ мг C/m^3 . Вклад ПФ в суммарную биомассу фитопланктона колебался от 10 до 28%. Как и летом ПФ был представлен преимущественно цианобактериями. Численность эукариотных пиководорослей была в среднем на порядок меньше численности прокариот. В составе Н-МФ по биомассе доминировали неидентифицированные мелкие жгутиковые и коккоидные водоросли (от 16 до 67% от суммарной биомассы).

Сравнительный анализ обилия фитопланктона в разные периоды вегетационного сезона показал, что наибольшее биомассы обе размерные фракции фитопланктона (ПФ и Н-МФ) достигают в летний период. Летом биомасса ПФ в 20 раз выше, чем весной, но только в два раза выше, чем осенью. Биомасса Н-МФ в осенний период снижается более резко, чем биомасса ПФ, поэтому вклад ПФ в суммарную биомассу достигает наибольших за вегетационный сезон значений — до 28%. При этом повышается роль пикозукариотных форм, их вклад в биомассу ПФ возрастает до 32%. Высокий вклад ПФ в суммарную биомассу фитопланктона в осенний период отмечен и в других арктических районах, таких как море Лаптевых (до 71%, Moriga-Turcq et al., 2001), в водах Северного Ледовитого Океана (в среднем 36%, Booth, Horner, 1997).

Наименьший вклад в суммарную биомассу фитопланктона пикотормы дают весной, при низкой температуре подледной воды (около $1,4^\circ C$). Аналогично небольшой вклад ПФ в суммарную биомассу фитопланктона отмечался в проливе Великая Салма и в апреле 2010 г. (Белевич, Ильяш, 2012). Величины биомассы ПФ и вклада ПФ в суммарную биомассу фитопланктона летом 2012 г. соответствовали аналогичным величинам в водах пролива летом 2009 г., но были меньше, чем в августе 2010 г. (Белевич, Ильяш, 2012).

Сравнительный анализ обилия фитопланктона на разных стадиях приливного цикла показал, что летом и осенью средние значения биомассы как ПФ, так и Н-МФ на малой и большой воде достоверно не различались. Не выявлено и достоверного различия между коэффициентами вариации биомассы ПФ и Н-МФ. Такая

картина, по-видимому, обусловлена тем, что через точку отбора проб (пирс ББС) за полный приливный цикл проходят воды сходной структуры, входящие в область протяженностью 7–10 км, занятую перемешанными водами (Пантюлин, 2012).

В заключение подчеркнем следующий, важный, на наш взгляд, момент. Относительный вклад ПФ в суммарную биомассу фитопланктона в поверхностном горизонте Белого моря не превышает 28%. Однако, согласно данным ряда авторов (Li et al., 2009), при наблюдаемых трендах изменения климата в Арктике с увеличением температуры вод обилие пикофитопланктона увеличивается, тогда как нанофитопланктона — снижается. Если такая тенденция характерна и для Белого моря, то роль пикофитопланктона в функционировании экосистемы Белого моря будет возрастать, что определяет необходимость дальнейших исследований мельчайших фотоавтотрофов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-04-00477-а.

ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ *OPHELIA LIMACINA* (RATHKE 1843) (OPHELIIDAE, POLYCHAETA) НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА МИКРОТОМОГРАФИИ (μСТ).

П.А. Белова

Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, Москва

С каждым годом исследователи секвенируют все больше генов, а список изученных видов становится все шире. Почему же построение филогении на основе морфологических признаков остается актуальным? Во-первых, включение в анализ вымерших видов возможно только на основе морфологических признаков, а картина взаимосвязей животного мира будет неполна без ископаемых представителей. Во-вторых, не все из ныне живущих таксонов доступны для выделения ДНК — это касается редких видов, труднодоступных видов, а также видов, описанных по единственному экземпляру и больше не встречавшихся исследователям. В-третьих, филогенетические реконструкции, построенные по молекулярным данным, часто противоречивы или выглядят недостоверными, и поэтому нуждаются в проверке и сопоставлении с данными морфологии.

Система кольчатых червей была предметом дискуссий, начиная с XIX в. Результаты исследований последних лет, посвященные как внутренним филогенетическим взаимоотношениям, так и взаимоотношениям аннелид с близкородственными группами, противоречивы и показывают множество различий между морфологическими и молекулярными данными.

Клада Opheliidae – Scalibregmatidae, куда относится сем. Opheliidae — одна из наиболее проблемных групп среди полихет. Во-первых, не понятно взаимоотношение семейств внутри этой клады. Во-вторых, в свете новых молекулярных данных границы некоторых семейств этого таксона пошатнулись. Одним из таких семейств является Opheliidae. По результатам изучения 16SPHK, 28SPHK, H3 род *Travisia*, который раньше входил в сем. Opheliidae, образует отдельную монофилетическую кладу “*Travisia clade*”, которая является сестринской группой Scalibregmatidae.

На фоне стремительно нарастающего объема молекулярных данных очевидной проблемой является недостаточность знаний об анатомии и ультраструктуре большинства таксонов полихет. Для большинства представителей сем. Opheliidae не проанализировано разнообразие строения полости тела, пищеварительной, кровеносной, выделительной систем и практически не описано ультраструктурное строение. Это несоответствие ведет к тому, что признаки внутренней морфологии и ультраструктуры либо вообще не используются для филогенетических построений, либо кодируются как неизвестные для большинства групп, что снижает разрешение кладограмм, либо, что хуже всего, используются неправильные значения этих признаков. В связи с этим многие авторы отмечают необходимость использования всего набора признаков, как внешнего, так и внутреннего строения, для филогенетических построений.

В настоящее время для изучения внутренней морфологии беспозвоночных животных используют следующие стандартные методы: анатомическое вскрытие, серии гистологических срезов, сканирующая (СЭМ) и трансмиссионная (ТЭМ) электронная микроскопия. Метод микротомографии (μСТ) является новым методом для изучения анатомии беспозвоночных животных в России.

Эта работа посвящена исследованию возможностей метода μСТ в изучении анатомии полихет на примере *Ophelia limacina* (Rathke, 1843) (Opheliidae).

Материалом для работы послужили 3 особи *O. limacina*, собранные легководолазным методом в окрестностях ББС МГУ им. Н. А. Перцова (66° 34' N, 33°08' E). Материал был зафиксирован 2,5% глутаровым альдегидом на фосфатном буфере с постфиксацией 1% OsO₄ на 0,1 М буфере по стандартным методикам. После этого особи *O. limacina* были высушены методом критической точки. Далее они были отсканированы на томографе SkyScan 1172. Сканирование производилось при напряжении 59 кВ, силе тока 167 мА с шагом 2,58 мкм между оптическими срезами. Время сканирования 2 часа 2 мин. Для оценки полученных результатов использовались программы CTvox и Data Viewer.

С помощью метода мСТ была описана: 1) внешняя морфология *O. limacina*: форма тела червя, деление на отделы тела, деление на сегменты, вторичная кольчатость, форма простомия, пигидия, параподий, жабр, чувствительных органов таких, как: нухальные и латеральные органы. Можно отметить, что при использовании метода мСТ нельзя идентифицировать реснички на поверхности нухального и латеральных органов, поры желез, что можно связывать с недостаточной разрешающей способностью прибора (разрешение 2,58 мкм). Такие поверхностные структуры отчетливо видны на сканирующем электронном микроскопе (разрешение 4 нм), трансмиссионном электронном микроскопе и на гистологических срезах; 2) 3D топографию систем органов *O. limacina*.

Мускулатура. У *O. limacina* мускулатура хорошо развита. В передней части тела можно видеть поперечные межлатеральные мышцы, мышцы ретракторы глотки, комплекс мышц инъекторного органа. По всей длине тела червя расположена слабо развитая кольцевая мускулатура. Продольная мускулатура в дорсальной и латеральной частях представлена тонкими мышечными волокнами, не собранными в пучки. Брюшная продольная мускулатура мощно развита в средней и задней части тела, где она представляет собой два толстых вентро-латеральных тяжа, образующих боковые края брюшного желобка. Вентральные продольные тяжи в передней части тела расходятся на более мелкие и становятся одного размера с дорсальными волокнами. Латеральная продольная мускулатура в области брюшного желобка отсутствует. В этой области очень сильно развиты косые мышцы.

Полость тела. У *O. limacina* развита вторичная полость тела. На микротомографии видно, что полость тела червя не разделена септами, за исключением передней части тела, где есть две септы, ко-

торые образуют инъекторный орган. Инъекторный орган — это мускулистое образование, лежащее во 2–7 щетинконосных сегментах. Инъекторный орган состоит из двух слоев эпителия, между которыми находятся мышечные волокна. Полость тела у этих червей разделена косыми мышцами на три отдела: основной отдел (где расположены все внутренние органы) и два вентро-латеральных отдела (полости в стенках вентрального желобка). Использование метода мСТ позволяет увидеть в полости тела *O. limacina* целомиты, которые ранее были исследованы с применением методов световой и электронной микроскопии. Это амёбидные клетки, большую часть которых занимает электронно-плотный стержень. Такой тип клеток полости тела, описанный автором впервые у *O. limacina*, является новым для полихет.

Пищеварительная система. У *O. limacina* рот несколько смещен назад и открывается на брюшной стороне между перистомиеумом и первым щетинконосным сегментом. Пищеварительный канал проходит ото рта до ануса по всему телу, не делая изгибов. Он делится на глотку, пищевод и кишечник. Глотка мягкая аксиальная, способна выворачиваться наружу. Когда она ввернута, то образует многочисленные складки. Глотка переходит в пищевод, внешне схожий с кишкой. Пищевод проходит через инъекторный орган, т.е. септы, а затем сразу переходит в кишку. Кишечник имеет вид прямой трубки. Кишка *O. limacina* имеет многочисленные впячивания. В средней части тела червя, с 5 по ~13 щетинконосные сегменты, лежит большое (~3,5 мм) впячивание вентральной стенки кишки, напоминающее «палец перчатки» — цекум. Вдоль вентральной стороны всей задней части кишки, начиная с 14–15 щетинконосного сегмента, тянется тифлозоль — впячивание вентральной стенки кишки.

Кровеносная система. Кровеносная система *O. limacina* состоит из двух частей: передней и задней. Задняя часть представлена окологлоточным кровеносным синусом, начинающимся с 17 щетинконосного сегмента и идущим до конца тела. Передняя часть состоит из дорсального кровеносного сосуда, который несет кровь к голове, проходя сквозь инъекторный орган. В окологлоточном регионе и в районе простомия дорсальный сосуд разветвляется на множество слепо замкнутых капилляров. *O. limacina* имеет мускулистое сердце, которое расположено в 8–9 щетинконосных сегментах. От спинного кровеносного сосуда отходят парные боковые сосуды. Первая пара от заднего конца образует околки-

шечный синус. Вторая пара входит в стенку глотки. С брюшной стороны, в передней части тела, виден брюшной кровеносный сосуд, который впадает в окологлоточный синус.

Нервная система. В передней части тела *O. limacina* находится крупный (в диаметре 80–100 мкм) мозг, расположенный в простомииуме и в передней части первого сегмента тела. Он включает четыре нервные доли: две дорзо-латеральные, которые примыкают к внутренней стороне к нухальным органам и к передним долям, и две передние. Вперед от него к концу простомииума отходит крупный непарный нерв. Назад с брюшной стороны мозга отходят окологлоточные коннективы, которые идут к подглоточному ганглию. На брюшной стороне тела расположена субэпителиальная брюшная нервная цепочка (БНЦ). Она лежит непосредственно под кишкой на косых мышцах вентрального желобка БНЦ представляет собой трубку без ганглиозных утолщений. От БНЦ в каждом сегменте отходят несколько пар мелких боковых нервов. *O. limacina* имеет пару нухальных органов, выглядящие как округлые ресничные области около 70 мкм диаметром на дорсо-латеральной стороне тела, на заднем краю простомииума; ресничные латеральные органы, находящиеся между ветвями пароподий.

В заключение можно отметить, что метод микротомографии является быстрым, неинвазивным и не нарушающим целостности объекта методом визуализации мягкотелых морских беспозвоночных. Этот метод дает 2D и 3D высококачественные изображения достаточного увеличения с минимальным временем пробоподготовки. Ограничение представленного метода — невысокое разрешение: 2,58 мкм. Использование метода μ СТ в совокупности с методами ТЭМ и СЭМ дают исследователю целостное представление о внешней и внутренней морфологии, а также об ультратонком строении объекта. Метод микротомографии является уникальным методом для изучения редких объектов и музейных экземпляров. В тоже время актуальной задачей остается подбор фиксаторов, среды заключения объекта и контрастеров для улучшения четкости изображения, а также оптимальных условий, релаксантов и контрастирующих веществ для прижизненного сканирования морских беспозвоночных.

Работа поддержана грантами РФФИ: 12-04-33045, 11-04-01695а, 10-04-01547а.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ БИОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ КРЕВЕТКИ *CRANGON CRANGON* (L. 1758) ИЗ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ И ГУБЫ РУГОЗЕРСКОЙ БЕЛОГО МОРЯ

Р.Н. Буруковский, Е.С. Иванов

Калининградский государственный технический университет

Креветка *Crangon crangon* встречается от Белого и Баренцева морей на севере до Марокко на юге, известна в Средиземном, Мраморном и Черном морях. Обитает на илистых и илисто-песчаных грунтах от уреза воды и до 50–120 м. В Северном море — объект промысла, с современным выловом около 36 тыс. т. (Буруковский, Трунова, 2008; ICES WGCAN REPORT, 2011).

Особенности репродуктивной биологии *C. crangon* в Балтийском море исследованы плохо (Komassara, 1984; Köhn, Gosselck, 1989), а в Белом — не изучены. Имеющиеся представления плохо обоснованы (В.В. Кузнецов, 1964).

Наша цель — сравнительная характеристика биологии размножения *C. crangon* на прибрежных мелководьях Белого (п-ов Кин-до) и Балтийского (Куршская коса) морей в летний период.

Материал собран в районе Беломорской биологической станции МГУ в июле-начале августа 2006 и 2007 гг. (864 экз. креветок) и у морского побережья Куршской косы (Балтийское море) 27.06–01.07.2010 г (498 экз.) на глубинах от уреза воды до 1,5 м, преимущественно 0,5–1 м.

Орудия лова: сачок с устьем 0,5 м, ячеей 5 мм, и прямоугольная драга с шириной рабочей стороны 1 м, вертикальным раскрытием 0,5 м, ячеей 5 мм.

Креветки были подвергнуты биологическому анализу. В него входили: измерение, определение пола (путем тотального вскрытия), стадий зрелости гонад у самок по пятибалльной шкале (вариант шкалы для каридных креветок: Буруковский, 1992), измерение длины яиц (среднее от измерения 10 произвольно взятых яиц), подсчет яиц в кладке (абсолютная индивидуальная реализованная плодовитость — АРП), определение стадии развития эмбриона по пятибалльной шкале (Буруковский, 2012). Креветок измеряли от конца рострума до заднего края карапакса посередине спинной стороны с точностью до 0,1 мм (длина карапакса — ДК) окуляр-микрометром бинокулярного микроскопа МБС-9. Для сравнения с результатами авторов, измеряющих полную длину креветок (ДТ),

мы использовали коэффициент пересчета, равный 4,35 (Буруковский, Трунова, 2008).

Результаты и обсуждение

У каридных креветок спаривание происходит между самцом с нормальным панцирем и линяющей самкой, у которой гонада находится во II стадии зрелости (шкала — по: Буруковский, 1992), что служит сигналом к началу вителлогенеза («созревание гонады»). Во время вителлогенеза самка не линяет и не растет. У тепловодных видов перед откладкой яиц самка опять линяет и спаривается, инициируя следующий цикл созревания гонады, синхронизированный с инкубацией яиц на плеоподах. После вылупления личинок опять происходит линька, спаривание, откладка яиц... и так далее. Холодноводные виды (как, например, *P. borealis*), нерестятся одиножды в течение относительно короткого репродуктивного сезона (Burukovsky, Sudnik, 1997) и эта «непрерывная цикличность размножения» у них не наблюдается. У их яйценосных самок гонады во II стадии зрелости, а перелинявшие после вылупления личинок вступают в период нагула (гонада во II стадии зрелости), и следующий гонадный цикл начинается после одной из последующих линек и спаривания, которые служат для него «пусковым крючком». Между этими крайностями наблюдаются все переходы.

1. Балтийское море.

Креветки держатся на глубине 0,5–1,5 м. Температура воды во время лова была 16–17°C. Соленость варьирует от 6 до 8‰ (Беренбойм с соавт., 1999).

Из 498 пойманных креветок 40 (8,2%) было самцами и 458 (91,8%) — самками. Преобладание самок (11:1) — абсолютное.

ДК самцов варьировала от 4,0 до 7,6 мм (ДТ 17,4–33,1 мм), а модальная ДК — 5,5–6,5 (ДТ 23,9–35,7 мм). Наименьшая ДК самок также была равна 4,0 мм, а наибольшая — 11,1 мм (ДТ 17,4–48,3 мм). Модальная ДК равна 7,5 (32,6 мм).

В уловах нет неполовозрелых особей (гонады в I стадии зрелости). У более 60% креветок гонады во II и III стадиях зрелости (соответственно 25,6 и 36,2%). Наряду с преднерестовыми (гонады в V стадии зрелости — 10%) присутствуют самки в процессе откладки яиц на плеоподы (в VI стадии зрелости — 9,7%). Среди креветок без кладок почти половина — созревающие и зрелые особи (гонады в IV и V стадиях зрелости, соответственно 35,1 и

9,2%), среди прочих более 70% имеют гонады во II и III стадиях зрелости и яйца на I стадии эмбрионального развития, т.е. только что отложенные на плеоподы.

Налицо активный нерест самок в районе, где нет молоди и почти нет самцов.

Длина только что отложенных яиц 0,32–0,40 мм, что соответствует летним яйцам этого вида в Северном море (Havinga, 1930). АРП, подсчитанная у 154 особей, варьировала от 90 до 1501, в основном 400–1000 яиц.

Самки в зависимости от стадии зрелости их гонад и от того, несут ли они яйца на плеоподах, или нет, образуют разные размерные группы. У самок без яиц с гонадами во II стадии зрелости имеются две группы: с модальными ДК 4,5 и 8,5 мм. У более мелких особей ооциты только что завершили протоплазматический рост и гонады впервые достигли II стадии зрелости, а крупные — нагульные самки, пропустившие нерест (10,9% от всех самок без яиц на плеоподах). Ближайшая к мелким особям группа самок без яиц имеет моду 6,5 мм и преднерестовые гонады (IV и V стадии зрелости), так как во время протекания вителлогенеза самки не линяют и не растут. Диапазон их ДК от 4,9 до 11,5 мм. Они составляют 44,3% от всех самок без яиц на плеоподах. Несомненно, что среди самок с ДК более 7 мм должно быть много таких, что готовятся нереститься, по крайней мере, не первый раз.

Перелинявшие перед нерестом и отнерестившиеся самки с модой 6,5 мм переходят в группу с модой 7,5 мм и яйцами на плеоподах. Это самки, в основном, с гонадами во II стадии зрелости. У большинства яйца только что отложены (1 или 2 стадии эмбрионального развития). У части самок начался вителлогенез (III стадия зрелости) — признак того, что в этом нерестовом сезоне они выносят как минимум еще одну кладку.

Особая группа — самки без яиц на плеоподах с гонадами в III стадии зрелости и уже модальными размерами 7,5 мм (31,6% от всех креветок без яиц на плеоподах). Они вылупились из зимних яиц, образовав отдельную внутрипопуляционную генерацию, и будут нереститься в начале августа, т.к. как при температуре воды 16–17°C развитие гонады и инкубация яиц длятся примерно месяц (Havinga, 1930).

Следовательно, в Балтийском море, как и Северном, креветки нерестятся трижды в год: один раз зимой и как минимум два раза — летом.

2. Белое море.

Во время малой воды креветки держались на глубине от уреза воды до примерно 0,7 м. Температура прибрежных вод в районе Еремеевского порога в июне-августе 1995–1998 гг. варьировала в пределах 9,4–12,5°C (Марфенин, Бек, 2001). Соленость воды на поверхности в Белом море — 24–26‰ (Бергер, 2007)

Соотношение полов примерно равно 1,5:1. Всегда преобладали самки, но самцов довольно много (в среднем около 40%).

ДК креветок варьировала от 4,5 до 10,6 мм у самцов (полная длина от 20 до 48 мм) и от 4,2 до 15,2 (полная длина от 20 до 70 мм) у самок. Для самцов характерна унимодальная кривая размерного состава с модой (ДК) 7,5 мм. У самок эта кривая бимодальная, с модами 8,5 и 11,5 мм ДК.

Самок можно разделить на 4 группы:

- неполовозрелые: ДК 4,2–9,0 мм, мода 6,5 мм. Гонады в I стадии зрелости. 26,1% от общего числа самок;
- нагульные (гонады во II стадии зрелости, без яиц на плеоподах). Самые многочисленные (58,5%). ДК 6–15,2 мм, две моды (8,5 и 11,5 мм). Группировка, образована (1) впервые достигшими II стадии зрелости (ДК 6–10 мм, мода 8,5 мм; почти половина самок, 76,3% от всех нагульных особей), и (2) самками, уже выносившими на плеоподах яйца, но пропустившими следующий нерест. ДК 10–15, мода 11,5 мм. Составляют 23,7% всех нагульных креветок;
- самки без яиц на плеоподах, с гонадами в III–V стадии зрелости. ДК 8–14 мм, их всего 6,9% всех самок. Подразделяются на первые (ДК 8–10 мм) и вторично (ДК 10–15 мм) созревающих;
- креветки с яйцами на плеоподах. 9% от всех самок, с гонадами во II стадии зрелости, ДК тоже ДК 8–14 мм.

Можно предположить, что нерест в Белом море растянут, пик его приходится на конец мая-начало июня. Во второй половине июля он завершается. В начале августа яйценосные креветки исчезают. Правда, встречаются единичные особи с гонадами в III стадии зрелости. Они отнерестятся не раньше середины октября.

Длина яиц на плеоподах 0,51–0,76 мм, что совпадает с таковой зимних яиц *C. crangon* в Северном море (0,51–0,75 мм: Havinga, 1930). АРП у *C. crangon* варьировала от 140 до 1848, в основном 500–1000 яиц.

Можно полагать, что самки *C. crangon* из района ББС МГУ нерестятся один раз за время репродуктивного сезона и, возможно, два раза в жизни.

Заключение

Креветка *C. crangon* восточной Балтики и Белого моря отличаются как размерами самцов и самок, так и особенностями биологии размножения. В Балтике креветки мельче, самки достигают половой зрелости при меньших размерах. Это, вероятно, обусловлено ее меньшей соленостью. Пик летнего нереста балтийских креветок приходится на середину лета. Глубины 0,5–1 м — нерестовая часть популяционного ареала. Налицо репродуктивная стратегия, типичная для Северного моря (зимние и летние яйца, два репродуктивных контингента с общим трехразовым нерестом в течение года). Беломорские креветки демонстрируют вариант репродуктивной стратегии, характерный для «зимне-нерестовой» группировки Северного моря, но в летнее время.

Было бы не удивительно, если бы популяции *C. crangon* вод средиземноморской Северной Африки и Марокко, напротив, осуществляли «летне-нерестовый» вариант такой стратегии. Это дало бы возможность реализации логики «исключенного четвертого»: «зимние яйца» — летом холодного Белого моря, «летние» — в течение круглого года в субтропиках, и те, и другие — в бореальной зоне Северного моря. Четвертого не дано.

Вероятно, благодаря наличию «зимних» и «летних» яиц *C. crangon* смог освоить мелководья Арктической, Бореальной и Средиземноморской субтропической климатических зон.

НЕМЕТАЗОЙНАЯ ОСНОВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОЛОНИАЛЬНОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У ГИДРОИДОВ

Ю.Б. Бурякин

Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

У колониальных гидроидов единственным общеколониальным аппаратом является распределительная система. Поэтому именно

ее изучение должно привести к пониманию колониальной организации гидроидных полипов.

Основу распределительной системы составляют перемещения гидроплазмы с пищевыми частицами в гастроваскулярной полости колонии. Установлено, что основными движителями гидроплазмы являются: ритмические сжатия желудков гидрантов, их зачатков и зон пульсаций вблизи верхушек столонов. Пульсаторные движения имеют осмотическую природу (Белоусов и др., 1988) и значительно медленнее мышечных. При сжатии стенок пульсаторов из их полостей выталкивается гидроплазма, движение которой приобретает характер течений, которые весьма различны по протяженности и скорости.

Для изучения совокупности перемещений гидроплазмы в колонии использовали микроскопы с подвижным столиком, главным образом ЛОМО МИКМЕД-1. Колонию на предметном стекле помещали в пластиковую чашку Петри с морской водой, которую зажимали на препаратодержателе. Далее, работая сдвоенным винтом, перемещали в двух взаимно перпендикулярных направлениях одновременно столик и препаратодержатель, делая обзор колонии. Таким путем удавалось следить за изменением в ней совокупной системы гидроплазматических течений, нанося их на схемы и измеряя по секундомеру их продолжительность. Кормом служили свежесъевшие науплиусы *Artemia salina*. Более подробно методическая часть работы изложена ранее (Бурыкин, 2008, 2010). Для опытов использовали 4 вида колониальных гидроидов с различным строением (табл. 1): по 15–30 однолучевых колоний каждого вида с 5 гидрантами или побегами на столоне.

Поскольку период пульсаций различен у разных пульсаторов и не строго постоянен, а продолжительность выталкивания гидроплазмы у каждого из них все время меняется (от нескольких секунд до нескольких минут), в колонии возникает весьма сложная, непрерывно меняющаяся система гидроплазматических течений (Бурыкин, 2008). В целом, совокупная картина перемещений гидроплазмы в колониях выглядит весьма хаотично: течения никак не синхронизированы, а их совокупность представлена огромным разнообразием неповторяющихся вариантов. На фоне локальных перемещений гидроплазмы в колонии время от времени возникают условия для образования протяженных потоков. Такие потоки могут возникать при сжатиях зоны пульсаций вблизи верхушек столонов, сжатиях отдельных гидрантов и формироваться внутри по-

бегов: весьма часто на фоне сжатия одного из гидрантов в побеге начинаются сжатия других гидрантов, в результате чего суммарный объем выталкиваемой из них гидроплазмы не умещается в полости ствола побега и ее избыток выходит в стolon в виде мощного течения (Бурыкин, 2006). Потоки гидроплазмы, пронизывающие всю колонию, не являются, как правило, возвратно-поступательными, как считалось ранее. Период сквозных гидроплазматических течений у всех гидроидов колеблется в очень широких пределах и имеет крайне высокие значения коэффициента вариации: до 100% и более (табл. 1).

Таблица 1. Период сквозных гидроплазматических течений через 0,5–2 часа после кормления.

Вид	Средние значения периода, мин.	Лимиты (min – max), мин.	n – число измерений	CV – коэффициент вариации
<i>Perigonimus abyssus</i> G.O. Sars 1874	29,3	2–92	19	101%
<i>Stauridia producta</i> Wright 1858	10,9	3–45	15	94%
<i>Gonothyrea loveni</i> (Allm. 1859)	17,6	5–98	55	95%
<i>Dynamena pumila</i> (L.)	26,8	3–76	33	80%

Все это указывает, очевидно, на отсутствие в работе распределительной системы каких-либо интеграционных процессов и регуляторных механизмов, что противоречит утверждениям Н.Н. Марфенина (1993, 2002, 2009 и др.) о наличии у гидроидов общеколониальной интеграции и саморегуляции. Единственным физиологическим механизмом общеколониальной интеграции, на который он указывает, это «взаимоподавление независимых пульсаторов (гидрантов и верхушек роста)» (Марфенин, 1993). Однако, экспериментальные факты свидетельствуют о прямо противоположном (Hale, 1960; Бурыкин, 2006): независимые друг от друга сжатия многочисленных пульсаторов — движителей гидроплазмы в колониях — являются главным дезинтегрирующим фактором общеколониального аппарата гидроидных полипов.

Так или иначе, пищевые частицы с токами гидроплазмы разносятся по всей колонии и захватываются ее гастродермой. Наибольшей захватывающей способностью обладает молодая гастродерма вблизи верхушек, в то время как стареющие ткани перед их рассасыванием к питанию, как показала видеосъемка, судя по всему, не способны. В дальнейшем, как было показано ранее (Бурыкин, 1998), частицы пищи, удерживаемые клетками гастродермы и частично использованные для питания тканей, вновь отделяются от гастродермального слоя (в т.ч. в виде агрегатов с неровными краями) и снова переносятся токами гидроплазмы в гастроваскулярной полости колонии. Их отлипание происходит по всей колонии, а их повторный захват — преимущественно в растущих областях. В итоге осуществляется закономерное перераспределение накопленной пищи и использование ее на рост в дистальных частях колонии. Именно здесь, на концах столонов и побегов, ткани обладают наибольшей пролиферационной активностью. Если пищи мало, растут только самые концевые участки колонии; с увеличением количества пищи зона роста расширяется. Таким образом, если под распределительной системой понимать только совокупность перемещений гидроплазмы, получается, что она ничего не распределяет, а лишь осуществляет транспортную функцию. Распределение же пищи внутри колонии осуществляется на следующей стадии — на стадии захвата пищевых частиц гастродермой, разные участки которой обладают различной захватывающей способностью. По-видимому, гастродерму следует считать конечным звеном общеколонияльной распределительной системы гидродных полипов.

Вместе с тем, ее транспортную функцию можно рассматривать как проводящую систему, эффективность которой у разных видов гидродов оказалась весьма различной. Исследования показали, что доля протяженных течений (включая сквозные) наибольшая в колониях *Gonothyraea loveni*, а у *Stauridia producta* и *Dynamena pumila* она несколько ниже, но одинакова, хотя различия в сложности строения их колоний более, чем значительны; наименьшее же значение этой величины — у *Perigonimus abyss* с мелкими гидрантами. Средняя скорость течений гидроплазмы наибольшая у *S. producta*, а у *P. abyss*, при таком же строении колоний — в 2 раза меньше, как и у двух других гидродов, имеющих колонии с побегами (табл. 2). В целом, эффективность проводящей системы по этим двум параметрам оказывается и наименьшей и наиболь-

шей у двух разных видов (*P. abyss* и *S. producta*) с наиболее просто устроенной колонией. Все это, очевидно, свидетельствует об отсутствии корреляций между архитектурной сложностью колоний и степенью эффективности их проводящей системы.

Таблица 2. Протяженность и скорость гидроплазматических течений через 0,5–1,5 часа после кормления.

Вид	Доля протяженных течений, включая сквозные	Средняя скорость течений, мм/с	Показатель эффективности проводящей системы (доля × ср. скорость, усл. ед.)
<i>P. abyss</i>	17% (n = 1237)	0,26 ± 0,01 (n = 185)	4,4
<i>S. producta</i>	30% (n = 558)	0,51 ± 0,02 (n = 148)	15,3
<i>G. loveni</i>	47% (n = 659)	0,28 ± 0,01 (n = 260)	13,2
<i>D. pumila</i>	30% (n = 700)	0,26 ± 0,01 (n = 250)	7,8

- Экспериментально установлено: функционирование распределительной (проводящей) системы у колонияльных гидродов осуществляется целиком на гидравлической основе (Бурыкин, 2010):
- возникновение заметных гидроплазматических течений обусловлено повышением давления гидроплазмы в желудках гидрантов и на концах столонов в связи с поступлением сюда пищевых частиц;
 - в результате сжатий стенок пульсаторов гидроплазма выталкивается из их полостей в виде течений; гидроплазма всегда перетекает из области более высокого давления в область низкого;
 - гидранты, проглотившие добычу, преимущественно выталкивают гидроплазму из своих желудков, в то время как непитавшиеся гидранты преимущественно принимают ее в свои пустые желудки, где давление ниже; то же самое относится и к побегам, в которых концентрация пищевых частиц, а значит, и давление гидроплазмы более высокие, чем в остальных побегах;
 - протяженные течения, выходящие из побегов, формируются при почти одновременном сжатии нескольких гидрантов, временно

образующих область повышенного давления в побеге; то же самое происходит на конце столона во время сжатия протяженной зоны пульсаций, способной выталкивать значительный объем гидроплазмы и т. д.

При этом каких-либо проявлений интеграции и саморегуляции в работе распределительной системы мы не обнаруживаем. Учитывая, что у гидроидных полипов это единственный общеколонияльный аппарат, следует признать, что для указанных явлений на общеколонияльном уровне не существует физиологической основы. Очевидно, гидравлический принцип функционирования распределительной системы направляет развитие колонияльности по метазойному пути. При полном отсутствии в колониях беспозвоночных общеколонияльных регуляторных органов и регуляторных систем (Беклемишев, 1964), неметазойный, или растительный, тип организации колонияльного организма (разумеется, на основе животной природы протекающих в нем процессов) сочетается с метазойной организацией входящих в него зоондов. В этом дуализме, очевидно, суть колонияльной организации беспозвоночных.

ИЗОТОПИЯ КИСЛОРОДА И ВОДОРОДА ВОДЫ И СНЕЖНО-ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ВОДОЕМОВ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ИЗОЛЯЦИИ ОТ БЕЛОГО МОРЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ ББС МГУ

Ю.К. Васильчук¹, А.П. Лисицын², Н.А. Буданцева¹, Е.Д. Краснова³, А.Н. Пантюлин¹, А.С. Филиппов², Ю.Н. Чижова¹, В.П. Шевченко²

1 — Географический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, 2 — Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 3 — Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова

Меромиктический водоем — (от греч. *meros* — часть, *mixis* — смешение) озеро, в котором практически отсутствует циркуляция воды между слоями различной минерализации, вследствие чего вода нижнего слоя, более минерализованная и плотная, чем в верхнем слое. Крупнейшим меромиктическим водоемом является Черное море. Примеры меромиктических водоемов в России — озеро Могильное на острове Кильдин и озеро Шира в Хакасии (Иванов и др., 2001; Саввичев и др., 2005; Рогозин и др., 2005; Пименов и др., 2008; Дегерменджи, Рогозин, 2010).

Среди сотен тысяч озер на Земле известны около 200 меромиктических (Lewis, 1983; Pagé et al., 1984; Sanderson et al., 1986; Gallagher et al., 1989; Wetzel, 2001; Nakala, 2005).

В меромиктических озерах перемешивание не происходит из-за того, что сезонные изменения термического градиента очень небольшие или химический градиент стабилен, или более глубокие воды не доступны для ветрового перемешивания. Обычно вертикальная стратификация поддерживается химическим градиентом. Верхний слой воды в меромиктических озерах перемешивается с помощью ветра и называется миксолимнион; придонный более плотный слой не смешивается с водами над ним и называется монималимнион. Переходная зона между этими слоями называется хемоклин.

Формирование меромиктических озер происходит вдоль побережья Белого моря при отделении водоемов и их изоляции от моря. Эволюция таких водоемов включает несколько стадий. На первой стадии сохраняется приливной водообмен через порог, но происходит некоторое обособление вод котловины. Когда порог поднимается настолько, что блокирует приливной водообмен, не препятствуя при этом стоку поверхностных вод в море, водоем переходит во вторую стадию развития. Это стадия водоема-изгоя, отторгнутого морем, но не освоенного суши (Пантюлин, Краснова, 2011; Рогатых, 2011). Дальнейший подъем порога обуславливает переход к следующей стадии эволюции водоемов. На поверхности образуется слой пресной воды, а в котловине сохраняется соленая вода. Это стадия меромиктического водоема.

Исследования изотопного и химического состава таких озер (Jeffries et al., 1984; Jeffries, Krouse, 1985; Pagé et al., 1984; Ouellet et al., 1987, 1989; Horita, 2009; Tomkins et al., 2009) показывают постоянную стратификацию вод. В типичных меромиктических озерах — София и Гарроу в Канадской Арктике — зона миксолимнион включает воды со значениями $\delta^{18}\text{O}$ между $-13,16$ и $-21,98\%$, что близко к изотопному составу местных атмосферных осадков. В зоне хемоклина значения $\delta^{18}\text{O}$ возрастают до -10% наряду с увеличением содержания хлоридов до 42 г/л, что отражает смешение поверхностных и глубинных вод. В зоне монималимнион гиперсоленые воды имеют значения $\delta^{18}\text{O}$ около -8% .

Изотопные определения показали, что в озерах Гарроу и София меромиксис (т.е. не перемешивающийся слой) обусловлен процес-

сами инфильтрации рассолов в результате промерзания, процесс этот называют креногенным меромиксисом.

Гиперсолёность придонного слоя воды — минималимниона — ведет к вторичному засолению осадков и образованию на дне озер отложений с морским типом засоления, а также образованию криопэггов (Васильчук, 2012).

В период с 20 марта по 2 апреля 2012 г. нами исследован изотопно-кислородный и дейтериевый состав вод, льда и снега в отделяющихся от Кандакшского залива Белого моря. Обследовано пять озер (Кисло-сладкое, Трехцветное, Нижнее Ершовское, Верхнее Ершовское, озеро на Зеленом мысу), Ермолинская губа и снег у причала ББС МГУ. Изотопный состав кислорода и водорода тающей снеговой воды анализировали в изотопно-геохимической лаборатории географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова на масс-спектрометре «Delta-V» со стандартной опцией газ-бенч по стандартным методикам.

В отделяющихся водоемах исследована структура льда и состояние снежного покрова. Толщина снежного покрова на них варьировала от 12 до 35 см, а на льду Ермолинской губы составляла 9 см. В структуре льда озер с соленой водой обнаружены общие черты: поверхностный слой толщиной 15–20 см состоял из чередующихся слоев матового льда и жидкой льдистой массы; ниже лед имел характерную для морского льда структуру: матовый слой, под ним кристаллический прозрачный и нижний слой пористый. В Трехцветном озере в нижней части керна вместо пористого льда находился слой прозрачного пресного льда толщиной 5 см.

Изотопный профиль столба воды в озере Трехцветном позволяет выделить 3 зоны в толще воды: 0–2 м — зона миксолимниона, где вода меняется от пресной до солоноватой, значения $\delta^{18}\text{O}$ варьируют от $-10,8\text{‰}$ до $-6,2\text{‰}$, а значения δD от $-79,4\text{‰}$ до $-53,6\text{‰}$, 2–3,8 м — хемоклинная зона с переходными свойствами, где значения $\delta^{18}\text{O}$ варьируют от $-6,1\text{‰}$ до $-5,6\text{‰}$ а значения δD от $-52,4\text{‰}$ до $-47,3\text{‰}$ и 3,8–6,5 м — зона минималимниона с экстремально соленой водой (солёность в 3 раза выше, чем у поверхности) и наиболее высокими значениями $\delta^{18}\text{O}$, варьирующими от $-3,8\text{‰}$ до $+1,4\text{‰}$, а значения δD достигают $-42,4\text{‰}$, т.е. это озеро по изотопным данным типично меромиктическое, с полным выраженным профилем.

Изотопный профиль толщи воды оз. Кисло-сладкое и оз. на Зеленом мысу обнаруживают достаточно однородные значения $\delta^{18}\text{O}$ и δD по глубине. Озерный лед характеризуется заметно изменяющимися значениями $\delta^{18}\text{O}$ от $-6,9$ до $-3,9\text{‰}$, а δD от $-99,2$ до $-33,5\text{‰}$. Возможно, нижняя часть льда была сформирована из соленой озерной воды, а в формировании верхней части разреза льда принимали участие атмосферные осадки.

Озерный лед на оз. на Зеленом мысу изотопически тяжелый со значениями $\delta^{18}\text{O}$ от -4‰ до $-1,4\text{‰}$, а δD от $-32,1\text{‰}$ до $-14,9\text{‰}$, что указывает на намораживание льда из соленой озерной воды без значительного участия атмосферных вод.

Использование значений $\delta^{18}\text{O}$ и δD , а также данных о распределении солёности и температуры является эффективным способом изучения источников воды, поступающей в отделяющиеся от моря водоемы. Выявлено, что в результате аномально большого поступления морской воды при ветровом нагоне во время высокого уровня приливов в зимний период 2011–2012 гг. произошло сильное осолонение и нарушение меромиктической стратификации в водоемах, находящихся вблизи береговой черты на севере Карельского берега Белого моря.

Авторы благодарны сотрудникам ББС МГУ за помощь и поддержку. Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №№ 10-05-00986, 11-05-01141, 12-04-00477, 12-04-01621, Министерства образования и науки РФ, контракт № 02.740.11.0875, федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (№ 348П) и на 2012–2013 гг. (лот 2012-1.1-12-000-1008, соглашение 8339) и Программ фундаментальных исследований Президиума РАН № 9 и № 23.

СМЕНА ЧЕЛЮСТНОГО АППАРАТА В ОНТОГЕНЕЗЕ *MOOREONUPHIS STIGMATIS* (ONUPHIDAE, POLYCHAETA).

Е.В. Ворцепнева¹, Н.Е. Будаева²

1 — Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 — Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Onuphidae представляют собой морфологически хорошо очерченное семейство трубчатых полихет из отряда Eunicida, заселяющих разнообразные биотопы практически повсеместно в мировом океане от литорали до ультраабиссали. Информации по развитию онуфид не так много, отрывочные данные по биологии размножения и развития известны для 25 видов (Paxton, 1986; Budaeva,

Fauchald, 2010). Подобно другим представителям Eunicida, все онуфиды несут довольно сложно устроенный челюстной аппарат, который состоит из вентральных мандибул и дорсально расположенных максилл. Мандибулы этих полихет растут в течение всей жизни, в то время как максиллы могут неоднократно сменяться по мере роста и созревания червей (Tzetlin, 1980; Purschke, 1987; Tzetlin, Purschke, 2005; Paxton, 2005). Строение челюстного аппарата этого семейства довольно хорошо изучено для половозрелых особей, поскольку этот признак используется в таксономии и систематике семейства (Tzetlin, 1980; Purschke, 1987; Tzetlin, Purschke, 2005; Paxton, 2005). Однако, данные о деталях морфологии челюстного аппарата на разных стадиях онтогенеза довольно отрывочны. Eunicida — один из немногих отрядов аннелид, по которому имеется представительный палеонтологический материал. Начиная с ордовика, в морских отложениях массово встречаются сколекодонты — челюстные образования вымерших Eunicida (Keilan-Jaworowska, 1968; Eriksson, Frisk, 2011). Сравнительная морфология челюстей современных и вымерших видов является основой для понимания филогенетических взаимоотношений в отряде Eunicida. Однако при анализе возникает проблема соотношения современных и ископаемых челюстей, поскольку максиллы ювенильных и взрослых онуфид могут сильно отличаться по строению. Смена челюстей в онтогенезе ныне живущих эуницид ставит под сомнение анализ разнообразия вымерших представителей этого отряда. Существует вероятность того, что описанные формы ископаемых полихет, основанные на строении сколекодонтов, являются не разными видами или родами, а представителями одного вида, сколекодонты которых относятся к разным стадиям онтогенеза. Поэтому для построения филогении важно понимать морфологические ряды смены челюстей в онтогенезе современных эуницидоморфных полихет. Развитие челюстей исследовано для немногих семейств, пожалуй, единственным детально изученным является семейство Dorvelliidae (Tzetlin, Purschke, 2005; Paxton, 2006). Для других групп данные практически отсутствуют. Понимание механизма смены челюстных образований, подробное изучение морфологий челюстей одного вида на разных стадиях развития поможет разобраться в разнообразии морфологии сколекодонтов и более обоснованно подойти к проблемам эволюции полихет отряда Eunicida.

Задачей работы являлось изучение смены челюстного аппарата у одного вида онуфид, *Mooreomuphis stigmatis*, населяющего литораль северо-восточной Пацифики. Особенности биологии этого вида делают возможным получить полные данные о развитии челюстей в онтогенезе на обширном материале. Самка откладывает в собственную трубку от 1 до 3 кладок. В каждой кладке находится до тридцати лецитотрофных личинок, которые развиваются синхронно и выходят из трубки по достижении стадии 18–20 сегментов.

Материал был собран на биостанции Friday Harbor (University of Washington, USA) в течение июля 2011 г. Для изучения челюстей личинки на разных стадиях были зафиксированы 2,5% глютаровым альдегидом по стандартной методике для гистологических исследований. Для определения стадии развития личинки были изучены на световом уровне и с помощью сканирующей электронной микроскопии. Для выделения челюстей мягкие ткани растворялись 0,1% КОН, после чего челюсти также были исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа.

На основе различий в морфологии нами было выделено три условных стадии максилл: личиночные, ювенильные и взрослые. **Личиночные челюсти** *M. stigmatis* появляются на стадии 4-х сегментов. Личинки на этой стадии не сегментированы и заполнены желтком, ротовое отверстие отсутствует. Челюсти представляют собой кутикулярные утолщения в полости глотки. На стадии 6 сегментов, когда личинка по внешней морфологии практически не отличается от 4-х сегментной, челюсти четко обозначены и состоят из мандибул и максилл. Максиллы состоят из парных элементов, соединенных общим основанием. Первая пара несимметричная: левая MX1 60 мкм в длину, 9 мкм в ширину, по внутренней стороне расположены многочисленные зубчики, которые увеличиваются в размере по направлению от основания к вершукке. Правая MX1 значительно меньше, 24 мкм в длину, 9 мкм в ширину, с мелкими зубчиками по внутреннему краю. MX2 симметричные массивные (71×26 мкм), по внутренней стороне расположены многочисленные зубчики, которые уменьшаются в размере по направлению от основания к вершукке. MX3 симметричные мелкие, в виде парных дистальных пластинок неправильной формы. Мандибулы парные бумеранговидные с одинаковой длиной рукояток (50×12 мкм). **Ювенильные челюсти** впервые обнаруживаются на стадии 13–18 сегментов. Молодая особь на этой стадии достигает 2 мм в длину, имеет хорошо развитые головные и анальные при-

датки, параподальный комплекс, однако остается в кладке и питается за счет запасенного желтка. Общая несущая часть ювенильных максилл симметричная, каждая половина овальной формы (28×68 мкм). МХ1 немного несимметричные, вытянутые с серповидными окончаниями. Левая МХ1 (150×48 мкм) крупнее правой (138×40 мкм). Количество зубчиков по внутреннему краю также отличается: на левой отмечено 9, на правой 3 зубчика. МХ2 симметричные, вытянутые (148×68 мкм в самой широкой части) с зубцами по внутреннему краю. МХ3 мелкие, вытянутые, с зубцами по внутреннему краю. **Взрослые челюсти** отмечены у червей, обитающих во внешней среде и питающихся самостоятельно. Челюсти состоят из хорошо развитых мандибул и составных максилл. Всего пять пар максилл, соединенных между собой общим основанием. Несущее основание симметричное, вытянутое (376×192 мкм), не соединенное на конце. МХ1 мощные серповидные с расширенным основанием, 720×280 мкм. В основании МХ1 имеется продольная выемка. Вторая пара максилл массивная симметричная (640×320 мкм), несет 8–9 зубчиков по внутреннему краю. МХ3 непарные, развивается только левая пластинка вытянутой формы (480×120 мкм) тонкая с зубчиками по краю (7–9 шт.). МХ4 овальной формы (300×150 мкм), также с зубчиками по краю (до 10), МХ5 расположены отдельно от первых четырех пар и представляет собой овальные, слабо развитые пластинки.

В результате исследований было выявлено, что у *M. stigmatis* три генерации челюстей. В онтогенезе меняется только максиллярный аппарат, а мандибулы растут в течение всей жизни. Можно выделить три типа максилл, отличающихся по морфологии и числу пластинок. Смена личиночных максилл на ювенильные в разных кладках происходит на разных стадиях развития (от 13 до 18 сегментов) и не коррелирует с количеством сегментов. Взрослые максиллы обнаружены у червей, обитающих во внешней среде и питающихся самостоятельно. Полученные данные позволяют пересмотреть филогенетические построения отношений в отряде эуницидоморфных полихет, выполненных на основе палеонтологических данных, с учетом возможного отнесения челюстных образований разных онтогенетических стадий одного вида к отдельным видам.

Работа была выполнена при поддержке грантов РФФИ 10-04-01678, 12-05-33049, 12-04-32293, а также Lerner-Grey Research Fellowship.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ИНДЕКСА ПЛОТНОСТИ ДВУХ ВИДОВ ПОЛИХЕТ МОТОВСКОГО ЗАЛИВА БАРЕНЦЕВА МОРЯ

В.С. Вязникова

Полярный науч.-иссл. ин-т морского рыбного хозяйства и океанографии
им. Н.М. Книповича

Донная фауна Мотовского залива достаточно хорошо изучена. Впервые исследование бентоса здесь было произведено в 1931–1932 гг., результаты анализа данных были описаны Р.Г. Лейбсон (Лейбсон, 1939). В 1996 г. в заливе работала команда ученых ММБИ. Результаты обработки собранного материала отражены в работе Е.А. Фроловой с соавторами (Фролова, Анисимова и др., 2003). В 2003 г. сотрудники ПИНРО продолжили мониторинг донной фауны этого района. В настоящее время Мотовской залив представляет научный интерес как полигон для изучения воздействия на донную биоту климатических флуктуаций, трофического пресса интродуцированного камчатского краба, а также антропогенного фактора (донного промысла).

В результате анализа данных указанных бентосных съемок была отмечена взаимосвязь динамики биомасс полихет *Maldane sarsi* и *Spiochaetopterus typicus* с численностью камчатского краба в Мотовском заливе (Вязникова, 2009).

Материалы о сообществе полихет Мотовского залива, полученные в ходе экспедиции ПИНРО 2011 г., позволили продолжить мониторинг изменений биомассы вышеназванных многощетинковых червей и проверить высказанное предположение о выедании полихеты *S. typicus* камчатским крабом в Мотовском заливе, повлекшее за собой увеличение биомассы *M. sarsi* по причине тесных трофических взаимоотношений этих двух видов полихет (аменсализма).

Несмотря на некоторые методические отличия при сборе материала 1931–1932 гг. и более поздних съемок, значения биомасс *M. sarsi* и *S. typicus* в эти периоды достоверно можно считать сопоставимыми.

Для сравнения биомасс полихет был выбран индекс плотности, ранее использовавшийся Лейбсон для характеристики фауны. Величина индекса рассчитывается как квадратный корень из произведения средней биомассы вида и процента его встречаемости.

В табл. 1 приведены значения индексов плотности *M. sarsi* и *S. typicus* в каждый из периодов исследований. Для мониторинга были взяты по пять станций из каждой съемки, координаты которых в трех последних экспедициях совпадали. Станции тридцатых годов выбраны с наиболее близкими координатами.

Таблица 1. Значения индекса плотности *M. sarsi* и *S. typicus*

Вид	1931– 1932 гг.	1996 г.	2003 г.	2011 г.
<i>Maldane sarsi</i>	42,4±3,18	41,1	48,8±5,40	48,3±3,45
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	9,1±0,50	7,5	1,2±0,02	3,1±0,09

Средние значения приведены со стандартной ошибкой. 1996 г. — использованы литературные данные, поэтому ошибка не приводится.

Проведенные расчеты показали, что с 2003 по 2011 гг. индекс плотности *M. sarsi* не изменился, и полихета осталась на позиции руководящего вида, индекс плотности *S. typicus* незначительно повысился.

Для пояснения полученной картины стоит дать краткую характеристику каждого из периодов исследования донной фауны Мотовского залива.

Результаты бентосной съемки 1931–1932 гг. отражают состояние донной биоты в период похолодания, отсутствия антропогенного воздействия и отсутствия трофического пресса камчатского краба на экосистему залива. И хотя оба вида входят в число руководящих видов полихет, индекс плотности *S. typicus* в разы меньше, чем у *M. sarsi*. Это соответствует неоднократно подтвержденному факту, что спихотептерус является индикатором потепления.

Бентосной съемке 1996 г. предшествовал длительный период потепления, численность интродуцированного краба быстро возрасла, интенсивность донного промысла была максимальной. Но, несмотря на климатические условия, предполагающие увеличение биомассы *S. typicus*, его индекс плотности снизился почти на 20%, в то время как у *M. sarsi* повысился на 7%. Спихотептерус вышел из состава руководящих форм бентоса.

Бентосная съемка 2003 г. была выполнена также в период потепления. Пресс камчатского краба достиг максимума, а воздействие донного промысла на исследуемый полигон начало снижаться. Как видно из таблицы, индекс плотности *S. typicus* снизился еще на 80%. А полихета *M. sarsi*, судя по увеличению индекса, угнетения ни антропогенными, ни биотическими факторами не испытывала.

Материалы съемки 2011 г. отражают состояние фауны в период продолжающихся положительных температурных аномалий, отсутствия воздействия донного промысла на сообщества бентоса, а также снижение трофической нагрузки от популяции камчатского краба, уменьшившейся в численности. Из таблицы видно, что биомасса спихотептеруса начала медленно восстанавливаться. Наиболее вероятная причина — уменьшение пресса со стороны хищника-краба (как вследствие снижения количества самого краба, так и в результате низких показателей обилия выеденной им полихеты).

В тоже время мальдана продолжает занимать лидирующее место среди руководящих форм. В пробах встречается большое количество как молоди, так и крупных особей. Это говорит о благоприятном соотношении внешних факторов для развития сообщества данной полихеты в исследованном районе. Видимо, в настоящее время повышение численности ее пищевого конкурента — спихотептеруса — не достигло значения, способного повлиять на динамику биомассы мальданы.

Результаты исследований подтверждают выдвинутое ранее предположение о повышении биомассы мальданы вследствие снижения биомассы спихотептеруса под влиянием трофического пресса камчатского краба. Руководствуясь этим соображением, можно в ближайшем будущем снова ожидать появления спихотептеруса в составе руководящих форм бентоса, а также снижения биомассы мальданы в Мотовском заливе.

РОЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СЛУХА У ПОЛУВЫВОДКОВЫХ ДЛЯ ПОНИМАНИЯ РАННЕГО ОНТОГЕНЕЗА ПОВЕДЕНИЯ ПТИЦ

Т.Б. Голубева

Каф. зоологии позвоночных МГУ им. М.В. Ломоносова

К началу 70-х годов прошлого столетия знания о развитии слуха птиц были ограничены данными, полученными в основном на курином эмбрионе. Для максимально полного представления о созревании слуха птиц необходимо было рассмотреть этот процесс у видов с разными типами онтогенеза — у выводковых, полувыводковых, полуптенцовых и птенцовых, и с разной экологией. Проведение таких исследований тогда требовало громоздкого оборудования, и, как и сейчас, электричества и, иногда □ помощь инженеров. Кроме того, требовалось постоянное присутствие исследователя около объектов, нужно было следить за термостатом (инкубатором), кормить и обогревать птенцов. Этим условиям удовлетворяли биостанции. Наличие гнездящихся птиц в доступной близости важно для проведения наблюдений за становлением поведения в естественных условиях. Исследования слуха и акустически направляемого поведения выводковых (домашняя утка, крак-ва), полуптенцовых (ушастая сова) и птенцовых (врановые) были предприняты на Звенигородской биостанции МГУ. Для характеристики развития слуха и поведения у полувыводковых наиболее подходили чайковые птицы, и эти исследования проводили на Беломорской биостанции МГУ.

Развитие слуха и поведения на ранних этапах онтогенеза исследовали у сизой (*Larus canus*) и серебристой (*Larus argentatus*) чаек и полярной крачки (*Sterna paradisaea*) на ББС в 1972–1981 гг. (Голубева, 1977, 1980, 1987, 1991, 1994, 1995; Golubeva, 1997). Большая часть эмбрионов и птенцов чаек взяты на островах Канда-лакшского заповедника (в основном на о. Величаиха), для чего ежегодно получали разрешение; небольшое количество яиц и птенцов собрано на незаповедных островах Поякондской губы. Слуховой эпителий улитки внутреннего уха эмбрионов и птенцов чаек разного возраста, взятый в этот период, находится в обработке вплоть до настоящего времени (сканирующая электронная микроскопия). Часть материала для изучения развития слуховых ядер продолговатого мозга была получена тогда же, остальной материал был собран позже на о. Харлов Кандалакшского заповедника (Барсова, Голубева, 1996).

Для определения возраста эмбрионов серебристой чайки использовали данные о росте эмбрионов этого вида (Drent, 1967). Для определения возраста эмбрионов сизой чайки и полярной крачки были экстраполированы кривые роста, рассчитанные на основании данных о средней массе эмбрионов при вылуплении (Bianki, 1967). Определение возраста диких птенцов чаек и крачек проводили по кривым роста (Бианки, 1967).

Лаборатория для исследования развития слуха эмбрионов и птенцов чаек была сначала оборудована в малой аквариалке, а затем (1974–1981 гг.) в конюшне. Расположение лаборатории в конюшне обеспечивало достаточную звукоизоляцию.

Для характеристики процесса развития слуха были использованы усредненные и индивидуальные пороговые и частотно-амплитудные кривые микрофонного компонента (МК). Характеристики МК дают хорошее представление о слуховой чувствительности на ранних стадиях развития слуха, подтверждающееся опытами по акустически управляемому поведению птенцов. При анализе этих характеристик у взрослых птиц и у птенцов после установления эффективной терморегуляции необходимо учитывать вклад активности кувшиновидных (коротких по западной терминологии) и чашевидных волосковых клеток, возбуждающихся при действии высоких частот и имеющих слабую афферентную и богатую эфферентную иннервацию. Получены данные о развитии нервного компонента кохлеарного потенциала и о характере функциональной активности мышцы среднего уха в онтогенезе чайковых. В опытах по регистрации кохлеарных потенциалов участвовали 65 эмбрионов и птенцов серебристой чайки; 55 эмбрионов и птенцов и 2 взрослых сизых чайки; 50 эмбрионов и птенцов полярной крачки. Получены также характеристики слуха 4 куликов-сорок (на пре- и постнатальных стадиях развития).

Исследования слуха у чайковых птиц позволили выявить ряд важных фактов, характерных именно для чаек, и существенно дополнить представления о развитии слуха у птиц.

1. Индивидуальные частотно-пороговые кривые эмбрионов обоих видов чаек и кулика-сороки на ранних стадиях развития слуха резко отличаются от таковых полярной крачки и других исследованных видов (крак-ва, ушастая сова, галка, мухоловка-пеструшка). Пороговые кривые слуховой чувствительности чаек характеризуются изломанностью и значительными (до 30дБ на

отрезках в 100–200 Гц) перепадами уровней порогов. МК регистрируется у серебристой чайки с 20 дня эмбриогенеза (продолжительность инкубации у этого вида на Белом море от 27 до 31 дня, наиболее часто — 28 дней — Бианки, 1967) в диапазоне до 2,1 до 2,75 кГц. У всех эмбрионов сизой чайки МК регистрируется с 19 дня инкубации, у части эмбрионов ответ был получен и раньше — на 15–18 день (инкубационный период 25–30 дней, в среднем 27 дней — Бианки, 1967). При первой регистрации МК у части эмбрионов зарегистрированы «островки», а иногда и «точки» чувствительности у верхней границы воспринимаемого диапазона (2,0–2,4 кГц). С помощью световой гистологии и серебрения по Буке-Бильшовскому удалось выявить отсутствие рецепторных волосковых клеток в определенных областях слухового эпителия чаек (Голубева, 1980), однако целостную картину созревания слухового эпителия получить на серийных срезах тогда не удалось. Эта задача близка к решению только сейчас, после анализа развития слухового эпителия с помощью сканирующей электронной микроскопии у эмбрионов и птенцов чаек разного возраста. В отличие от развивающихся слуховых эпителиев других видов (домашняя утка, краквя, голубь, мухоловка-пеструшка), в эпителии чаек при появлении слуховой чувствительности обнаружены полосы с относительно зрелыми волосковыми клетками на 3–4-й стадиях развития и чередующиеся с ними полосы, состоящие из опорных и дифференцирующихся волосковых клеток на 1-й стадии развития, когда еще не сформирован рецепторный аппарат. По-видимому, именно отсутствием сплошного поля функционально зрелых волосковых клеток объясняется неравномерность пороговых характеристик слуховой чувствительности. У полярной крачки наиболее ранний МК был зарегистрирован на 14 день инкубации (средний срок инкубации 21 день, Бианки, 1967), диапазон ответа составил 0,6–1,6 кГц. На 16 день инкубации МК регистрируется у всех исследованных эмбрионов в диапазоне от 0,2 (нижний предел использованных частот) до 2,5 кГц.

2. Спектральный анализ собственной вокализации эмбрионов чаек и крачек и их частотно-пороговых и частотно-амплитудных кривых МК, характеризующих слуховую чувствительность, показал четкое совпадение максимумов энергетических спектров акустических сигналов с наибольшей слуховой чувствительностью. Спектры сигналов чаек относительно узкополосные, с одним энергетическим максимумом. С возрастом число максимумов увеличи-

вается до 2–3, выделяются комфортные сигналы и сигналы дискомфорта (охлаждения). У крачек спектры сигналов широкие, пороговые кривые являются их отражением. Опыты с предъявлением тональных сигналов определенной частоты эмбрионам (дополнительным озвучиванием) выявили достоверное понижение порогов на частоте озвучивания. Одновременно было показано, что предъявление сигналов слишком большого давления и продолжительное по времени может привести к временному повышению порогов на частоте озвучивания. Исследование слухового эпителия таких эмбрионов показало, что озвучивание ведет ускоренному развитию определенных областей слуховых волосковых клеток, но чрезмерная стимуляция — к повреждению рецепторных клеток в этих областях, и последующей быстрой регенерации поврежденного эпителия. Эти данные привели к предположению, что акустическая стимуляция собственным голосом (а в природе и голосом родителей) в период I и II этапов развития слуха ведет к настройке слуха на эти акустические сигналы. Поскольку возраст эмбрионов чаек в момент исследования определяли задним числом по дате вылупления или по массе тела, это не соответствовало точному значению уровня физиологической зрелости. Скорость развития эмбрионов зависит и от порядка откладки яиц, и от интенсивности насиживания (опыта родителей), и, как мы показали, сама акустическая стимуляция влияет на темпы развития (Golubeva, Tikhonov, 1985). Значения уровня давления в пороговых кривых сильно колебались, и не было достаточного количества данных от эмбрионов одного возраста, что затрудняло статистическую обработку результатов. На эмбрионах домашней утки с точной датировкой возраста и дополнительным озвучиванием, была проведена проверка этого предположения и получены статистически достоверные результаты.

3. При вылуплении и в течение первых суток после вылупления у обоих видов чаек и у полярной крачки наблюдалась задержка в развитии слуховой чувствительности и в расширении частотного диапазона восприятия. Такая задержка характерна для развития слуха у любого вида при смене афферентации (в данном случае предметное зрение с момента вылупления становится ведущим в поведении и заменяет в этом качестве акустическую афферентацию, хотя роль ее остается значительной). Но у чаек наблюдается не только задержка в развитии слуха, но и ухудшение слуха по всем параметрам (Голубева, 1994). Вызвано это явление тем, что

вылупление у полувыводковых приходится на период еще несовершенной терморегуляции, эффективная терморегуляция устанавливается у серебристой на 2–3, а у сизой на 3–4 сутки после вылупления (Давыдов, Кескпайк, 1992). Слуховые волосковые клетки птиц очень чувствительны к понижению температуры тела и ухудшению энергоснабжения, что неизбежно имеет место при длительном обсыхании птенцов после выхода из яйца, несмотря на обогрев (родителем или искусственный). Задержка развития слуха, вызванная сменой афферентации, усугубляется охлаждением птенца за счет испарения. Возможно, что наступающее вслед за этим ускорение в скорости понижения порогов ведет к более прочному импринтингу акустических сигналов.

4. Изучение процесса развития слуха у чайковых птиц заполнило пробел между сведениями о развитии слуха у зрелорождающихся выводковых и незрелорождающихся птенцовых. У всех птиц в развитии слуха выделяются три этапа, особый интерес представляет II этап и граница между II и III этапами. II этап развития слуха назван сенситивным, потому что именно в этот период акустическая видоспецифическая стимуляция вызывает настройку слуховой чувствительности и влияет на темп развития всего организма. В конце этого этапа происходит импринтинг частоты акустического сигнала, и стимуляция такой частотой вызывает пищевое поведение, реакцию следования и комфортное поведение. Продолжительность этого этапа прогрессивно увеличивается на шкале зрелорождающихся — незрелорождающихся. Полный импринтинг сигнала по частотно-амплитудным и временным его характеристикам происходит при установлении эффективной терморегуляции и в течение некоторого времени после этого момента, причем критический период импринтинга также увеличивается на шкале выводковые — птенцовые. Три исследованных вида чайковых птиц, являясь полувыводковыми, имеют разную степень зрелости при вылуплении, о чем свидетельствуют особенности поведения птенцов и продолжительность сенситивного периода развития слуха. Относительная продолжительность II этапа развития слуха (сенситивного периода) составляет у серебристой чайки 16%, у сизой — 19% и у крачки — 22%.

ВЛИЯНИЕ ОСМОТИЧНОСТИ ВОДЫ НА ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
МОРСКОЙ И ПРЕСНОВОДНОЙ МОРФ КОЛЮШКИ ТРЕХИГЛОЙ
(*GASTEROSTEUS ACULEATUS*)

А.А. Горелова, Э.А. Михалина, М.Л. Ловать

Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

Трехиглые колюшки (*Gasterosteus aculeatus*) — вид рыб, относящихся к семейству Колюшковых. Данный вид, так же как и другие представители семейства, обладает небольшими размерами и населяет морские прибрежные и пресные воды северного полушария.

По образу жизни различают морскую, пресноводную и проходную морфы колюшек. Морская морфа постоянно живет в прибрежных участках моря и размножается на мелководьях. На территории России такая форма известна из Кандалакшского залива Белого моря. Проходные колюшки живут в море, но размножаются в весенне-летний период в пресных водах — ручьях, реках и озерах. После нереста взрослые особи гибнут или уходят обратно в море. Молодь через некоторое время также скатывается в море. Показано, что морская и проходная формы могут переходить друг в друга. Пресноводные колюшки живут и размножаются в пресных водах, не выходя в море, даже если пресноводный водоем не изолирован от него.

Морские и пресноводные рыбы отличаются по способам контроля водно-солевого гомеостаза. У морских рыб он направлен, прежде всего, на удержание пресной воды и выведение избытка солей, тогда как у пресноводных — на их концентрирование.

Быстрые аномальные изменения внешней солёности, такие как опреснение морской воды, приводят к нарушению гомеостаза воды и солей и часто гибели животного из-за недостаточности ферментативных систем транспорта ионов. Однако постепенные изменения внешней солёности не летальны, благодаря наличию у рыб специальных регуляторных механизмов, к которым относятся изменения характера экспрессии генов мембранных транспортеров в жабрах [например, Na^+/K^+ -АТФазы, H^+ -АТФазы, CFTR (трансмембранного регулятора муковисцидоза)], повышение уровня пролактина в крови, сопровождающееся изменением структуры почек, а также изменение активности клеток телец Станниуса.

Быстрая адаптация трехиглых колюшек к изменениям солёности сделала их объектом пристального исследования многих науч-

ных групп. С недавнего времени большое внимание уделяется генетическим механизмам их повторяющейся адаптивной эволюции, позволившей морским формам успешно заселить тысячи пресных водоемов (Jones et al., 2012). В то же время, степень адаптированности популяций различных морф к меняющимся условиям осмотичности практически не изучена.

Наиболее адекватными показателями комфортности окружающих условий являются поведенческие параметры. Несмотря на наличие современных методов автоматической регистрации поведения, позволяющих провести объективную оценку адаптации морских рыб к пресной воде, данный подход до настоящего времени не применялся.

Из-за сходства в общей организации и функционировании большинства регуляторных механизмов у рыб и высших млекопитающих, использование рыб в качестве модели для изучения различных адаптивных реакций, и, в частности, стресса считается правомерным (Beis, Stainier, 2006). Разработаны стандартные поведенческие тесты для оценки локомоторной активности (Levin et al., 2006), тревожности (Champagne et al., 2010), депрессивно-подобного поведения, памяти и др., аналогичные соответствующим тестам для грызунов. Таким образом, представлялось интересным при помощи стандартных поведенческих моделей оценить степень стрессогенности воды разной осмотичности для морской и пресноводных морф колюшки.

Цели работы:

- выработать стандартный поведенческий критерий оценки стресс-реакции трехиглых колюшек при предъявлении видоспецифичного стрессирующего фактора из клеток поврежденного эпидермиса;
- оценить влияние изменения солености воды на поведение морской и пресноводной морф трехиглой колюшки в тесте «открытое поле»;
- оценить поведенческие эффекты длительного содержания морской морфы трехиглой колюшки в пресной воде.

Методика

В работе было использовано 3 экспериментальные группы животных по 10 особей в каждой: (а) морская морфа, живущая в морской воде, (б) пресноводная морфа, живущая в пресной воде, (в) морская морфа, в течение месяца содержащаяся в пресной воде

(«адаптированная»). Особи морской морфы трехиглой колюшки были взяты из залива Кислая губа, особи пресноводной морфы – из Ершовских озер полуострова Киндо. Пресная вода для содержания рыб, аналогичная по составу воде Ершовских озер, температурой около +15°C, забиралась из Верхнего озера. Морская вода проточной системой подавалась из пролива Великая Салма.

За 1 месяц до начала эксперимента была произведена пересадка первично морских морф трехиглой колюшки в бассейны с пресной водой для развития адаптации (формирование «адаптированной» морфы).

В качестве эталонного стрессогенного фактора («вещества стресса») использовался смыв объемом 2 мл дистиллированной воды с поврежденного эпидермиса (Waldman et al., 1982; Speedie, Gerlai, 2008) с десяти особей трехиглой колюшки. В качестве исследуемого фактора использовалась вода измененной солености (2,5‰ для морской и адаптированной морф, 16‰ для пресноводной морфы).

В опыте проводилась регистрация поведения в тесте «открытое поле».

Экспериментальная установка представляла собой прямоугольный стеклянный бокс высотой 26 см, длиной 16 и шириной 6 см, экранированный от внешних воздействий, заполненный водой до отметки 20 см, освещенный ярким светом (500 Лк). Во время адаптации к условиям эксперимента животных помещали в стеклянные аэрируемые аквариумы емкостью 3 литра на 1 час при постоянной температуре +15°C. На время эксперимента рыбу помещали индивидуально в экспериментальную камеру на 10 минут для видеозаписи поведения и последующей оценки его параметров. Перед каждым опытом камеру аэрировали в течение 1 минуты.

Обработка видеозаписей проводилась с помощью программного обеспечения Noldus Ethovision XT.

Оценивались следующие параметры: пробег (дм); средняя скорость (см/с); количество выходов в верхний сектор (шт.); латентный период отхода от дна (с); время неподвижности (с). Критерием неподвижности считалась скорость перемещения 2 мм/с и менее.

Было проведено три блока экспериментов: (1) оценка поведения каждой группы в воде с привычной соленостью («контроль»); (2) поведение рыб на фоне «стандартного стрессора» (смыс с повре-

жденного эпидермиса); (3) поведение в условиях смены осмотической воды.

Статистическую обработку проводили при помощи пакета статистических программ Statistica 6.0. Полученные количественные данные оценивали при помощи критерия Kruskal-Wallis ANOVA. Ниже в работе численно представлены различия при уровне статистической значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

При помещении морской и пресноводной морф трехиглой колюшки в нативную среду с добавлением «вещества стресса» у обеих экспериментальных групп наблюдалась стереотипная реакция стресса: снижение длины пробега (для морской морфы (М) — 55% к контролю, для пресноводной морфы (П) — 50% к контролю) а также увеличение латентного периода отхода от дна (М: 285%; П: 455%). У морской морфы также наблюдалось снижение количества выходов в верхний сектор (41% к контролю). Таким образом, поведение трехиглой колюшки после добавления в среду «вещества стресса» характеризовалось стереотипностью и было сходно с описанным в литературе (Speedie, Gerlai, 2008), благодаря чему было принято в дальнейшем как эталонная реакция.

При помещении морской морфы в пресную воду наблюдались следующие изменения поведения: длина пробега снижалась на 61% к контролю, количество выходов в верхний сектор — на 43%; увеличивалось время неподвижности — на 226% к контролю.

В то же время, при помещении пресноводной морфы в морскую воду увеличивалось только время неподвижности (на 131% к контролю), тогда как длина пробега и количество выходов в верхний сектор не изменялись.

Таким образом, обе морфы трехиглой колюшки демонстрировали развитие признаков стресса в поведении, однако их выраженность различалась у представителей двух групп. В то время как пресноводная морфа чувствовала себя в морской воде относительно комфортно, морская морфа отвечала на изменения солёности более выраженными признаками стресса.

Исследование «фоновых» параметров поведения морской морфы, содержащейся в течение месяца в пресной воде, показало не только отсутствие у нее признаков адаптации, но и усугубление параметров стресса (длина пробега — 25%, скорость движения — 26% от значений морской морфы в пресной воде в «остром» опыте). Та-

ким образом, длительное содержание морской морфы трехиглой колюшки в пресной воде не только не привело к адаптации, но и усугубило поведенческие признаки стресса.

Заключение

Добавление в воду смыва с поврежденного эпидермиса является сигналом, приводящим к стереотипному изменению поведения морской и пресноводной морф трехиглой колюшки (снижению длины пробега и числа выходов в верхний сектор, а также возрастанию латентного периода отхода от дна), характеризующему в литературе как «стресс».

Изменение солёности воды приводит к значимому снижению подвижности обеих морф трехиглой колюшки, при этом изменения у морской морфы выражены в большей степени.

Содержание морской морфы трехиглой колюшки в пресной воде в течение 1 месяца не приводит к поведенческой адаптации к новым условиям среды и даже усугубляет поведенческие признаки стресса.

ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ВОДОЕМОВ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА

О.М. Горшкова¹, А.В. Краснушкин¹, С.В. Папаева²,
А.В. Харчева², Д.А. Хунджуа², В.И. Южаков²

1 — Географический ф-т, 2 — Физический ф-т МГУ
им. М.В. Ломоносова

Берега и дно Кандалакшского залива Белого моря поднимаются со средней скоростью 0,5 см/год (Пантюлин, Краснова, 2011). Из-за быстрого поднятия Карельского берега Белого моря, которое началось после схода ледника 11 тысяч лет назад и продолжается в настоящее время, существенно меняются очертания берегов: острова прирастают к берегу, заливы и проливы отделяются от моря и превращаются в солоноватые озера. Объединяющая эти водоемы гидрологическая особенность — слабый постоянный пресный сток. Однако солёность воды — далеко не единственный параметр, который изменяется по мере изоляции. По мере отделения от моря происходят серьезные изменения физико-химических свойств водоема и структуры водного сообщества. Такие водоемы, которые, постепенно утрачивают морской облик и превращаются в солоноватые лагуны или озера, называют «отшнуровывающими»

ся». На их примере возможно изучение гидрологической эволюции. В свою очередь геоморфологические и гидрологические особенности формируют специфические гидрохимические и гидро-биологические условия.

Следующие факторы определяют интерес ученых к отшнуровывающимся водоемам:

- нестабильность природных экосистем и смена морской среды на пресноводную;
- резкие переходы в водоеме с глубиной от окислительных условий к восстановительным;
- резкое изменение температуры, солености и других гидрохимических параметров при изменении глубины от 0 до 4–6 м;
- смещение морских и пресноводных видов гидробионтов;
- в ряде случаев, сохранение реликтовых видов гидробионтов.

Следует отметить, что отшнуровывающиеся озера являются уникальным объектом для изучения природного органического вещества, его форм и трансформации в процессе превращения морских водоемов в пресноводные. Растворенное органическое вещество (РОВ) воды и органическое вещество донных отложений таких водоемов практически не изучены.

РОВ присутствует во всех без исключения типах природной воды. Его содержание в природной воде невелико — от 0,5 до 50 мг/л, однако при этом РОВ составляет значительный резервуар органического углерода на Земле, превышающий запасы органического вещества всех живых организмов. Методом мембранной ультрафильтрации РОВ можно разделить по дисперсности на коллоидную форму (КОВ, наночастицы РОВ размером 5–200 нм) и истинно растворенное органическое вещество, или низкомолекулярную фракцию (НМФ), с частицами менее 5 нм (Горшкова, Гурский, Конюхов, 1996). Поскольку РОВ природного происхождения из-за наличия гуминовых соединений хорошо поглощает УФ свет и люминесцирует, его спектры с успехом используются в задачах контроля водных экосистем (Горшкова и др., 2010). Спектры флуоресценции различных типов природной воды отличаются по зависимости длины волны максимума испускания и значения квантового выхода флуоресценции от длины волны возбуждающего излучения (Shubina et al., 2009).

Данная работа посвящена изучению химических и спектрально-оптических характеристик РОВ воды в отшнуровывающихся озерах на территории Беломорской биологической станции МГУ. Во время экспедиции института океанологии им. П.П. Ширшова РАН в конце августа — начале сентября 2008 г. были отобраны пробы воды из следующих водоемов: 1) оз. Нижнее Ершовское; 2) лагуна Зеленого мыса — оз. Верхнее Ершовское; 3) оз. Водозаборное; 4) оз. Кисло-сладкое; 5) Черная речка; 6) бухта Биофильтров; 7) бухта Биофильтров — около речной перемычки в 300 м от ББС МГУ; 8) водопроводная вода на ББС (из Водозаборного озера).

Во всех пробах воды измерены органический углерод Сорг, общий азот Нобщ. (в лаборатории химии океана ИО РАН на ТОС-анализаторе Shimadzu), оптическая плотность на длине волны 260 нм (D260, спектрофотометр Spescord), проведена оценка содержания гуминовых кислот (ГК) спектрофотометрическим методом. Концентрация РОВ определена как $(C_{РОВ}) = 2 \cdot \text{Сорг}$, а коэффициент соотношения поглощающего и общего органического вещества рассчитан по формуле $K260 = 100 \cdot D260 / (C_{РОВ})$.

Пробы 2, 4, 5 и 7 были исследованы более детально в учебно-научной эколого-аналитической лаборатории кафедры рационального природопользования географического факультета МГУ методом мембранной ультрафильтрации с использованием ядерного микрофильтра с диаметром пор 200 нм и ультрафильтра УАМ-50 с диаметром пор 5 нм РОВ в этих пробах было разделено на фракции НМФ и КОВ.

Измерения показали, что для природной воды значительная доля РОВ находится в коллоидной форме. Например, для отделенного оз. Верхнее КОВ составляет 47% от РОВ. Некоторые полученные данные представлены в табл. 1.

Для исходных проб 2, 4, 5 и 7, а также фракций НМФ и КОВ в лаборатории молекулярной спектроскопии кафедры общей физики физического факультета МГУ были измерены спектры поглощения (спектрофотометр Unicо) и спектры флуоресценции при возбуждении на длинах волн $\lambda_{в} = 270, 310$ и 355 нм (флуориметр Sol-lag CM2203), рассчитаны значения квантового выхода флуоресценции методом эталонного соединения.

Типичный спектр флуоресценции РОВ при УФ возбуждении состоит из двух широких перекрывающихся полос: УФ полосы с максимумом в области 300–350 нм (флуоресценция ароматических

аминокислот или фенольных соединений) и свечения в видимой области спектра с максимумом 400–450 нм (флуоресценция гуминовых соединений). Максимум свечения гуминовых соединений зависит от длины волны возбуждения. При изменении длины волны возбуждения от 270 до 310 нм максимум полосы испускания смещается в сторону более коротких длин волн. Это явление известно как «синий сдвиг» спектров испускания (Shubina et al., 2009).

Таблица 1. Химические характеристики РОВ оз. Верхнего, оз. Кисло-сладкого, Черной речки и бухты Биофильтров.

Проба	Сорг, мгС/л	С _{РОВ} , мг/л	С/Ν	гк, мг/л	гк, %	D260	K260
2	9,9	19,72	24,7	3,1	15,7	0,112	5,7
4	16,2	32,4	33,5	9,8	30,2	0,281	8,7
5	11,9	23,8	43,1	8,4	35,3	0,236	9,9
7	21,9	43,8	43,0	3,1	7,1	0,101	2,3

Для изученных проб воды флуоресценция в УФ диапазоне была значительно меньше, чем свечение гуминовых соединений в видимой области спектра. Спектроскопические характеристики как исходной воды, так и фракций РОВ оказались сходными для отшнуровывающихся озер Верхнего, Кисло-сладкого и бухты Биофильтров (пробы 2, 4 и 7). Усредненные по этим пробам характеристики РОВ, НМФ и КОВ приведены в табл. 2.

Озеро Кисло-сладкое, известное также под названием Полу-пресное, изучается уже более десяти лет (Шапоренко и др., 2005). Наблюдения показали, что вертикальная структура солености в водоеме остается неизменной, а сезонные колебания температуры распространяются только до 5 м, поэтому данный водоем отнесен к категории меромиктических (Пантюлин, Краснова, 2011).

Таблица 2. Спектроскопические характеристики РОВ и его фракций для озер Верхнего, Кисло-сладкого и бухты Биофильтров.

Фракция	Квантовый выход флуоресценции, %			Длина волны максимума полосы испускания, нм			Величина «синего сдвига», нм	
	λ _в = 270 нм	λ _в = 310 нм	λ _в = 355 нм	λ _в = 270 нм	λ _в = 310 нм	λ _в = 355 нм	Δλ1	Δλ2
РОВ	1,5	2,0	3,1	454	434	456	20	22
НМФ	3,0	2,7	3,7	454	428	455	36	32
КОВ	1,4	1,7	2,3	450	414	446	25	26

Для РОВ воды озер Кисло-сладкого, Верхнего и бухты Биофильтров зависимости спектральных характеристик от длины волны возбуждения оказались типичными для органического вещества с высоким содержанием фульвокислот: квантовый выход флуоресценции меняется от 1,5 до 2 и 3,1% при увеличении длины волны возбуждения в ряду 270–310–355 нм, а величина «синего сдвига» спектра испускания при изменении длины волны возбуждения (Δλ1 при переходе от λ_в = 270 нм к 310 нм и Δλ2 при переходе от λ_в=355 нм к 310 нм) принимает значения 20–22 нм.

Для пробы 5 (Черная речка) значения квантового выхода флуоресценции меньше, чем для проб воды из отделяющихся водоемов (соответственно, 1,1–1,5–2,6% для длины волны возбуждения 270–310–355 нм). Величина «синего сдвига» также меньше, и составляет 15–16 нм. Сопоставление со спектроскопическими характеристиками коммерческих гуминовых препаратов, для которых практически отсутствует зависимость квантового выхода флуоресценции от длины волны возбуждения и не наблюдается «синий сдвиг» спектров флуоресценции (Гостева и др., 2011), позволяет сделать вывод о том, что в РОВ воды Черной речки содержится значительная доля фульвокислот, но все же она ниже, чем доля фульвокислот в составе РОВ отшнуровывающихся водоемов.

Отделяющиеся соленые озера на разных стадиях изоляции могут стать модельным объектом для фундаментальных комплексных исследований сукцессии водных и прибрежных экосистем, в

том числе и в рамках программы изучения растворенного органического вещества природной воды.

ИЗУЧЕНИЕ ХОЛИНЕРГИЧЕСКОЙ РЕГУЛЯЦИИ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ У ПОЛИХЕТЫ *HARMOTHOE IMBRICATA*

Р.К. Григорян¹, А.А. Девятков¹, А.В. Малышев¹, К.В. Шунькина², М.В. Плющева³

1 — Биологический ф-т МГУ им. Ломоносова, 2 — Биолого-почвенный ф-т СПб ГУ, 3 — CRG-Centre de Regulació Genòmica, Barcelona

Данное исследование является частью проекта, направленного на изучение механизмов биолюминесценции у морских полихет. Работа выполнена на базе Беломорской биологической станции МГУ им. Н.А. Перцова в 2012 г.

Многощетинковый червь *Harmothoe imbricata* относится к массовым видам Белого моря, является свободноживущим хищником-полифагом, обитает в прибрежной зоне на глубине 10–20 м на твердых грунтах. С дорсальной стороны червь покрыт особыми чешуйками — элитрами, крепящимися на стебельках — элитрофорах. Элитры выполняют защитную функцию, обладают способностью к биолюминесценции. Нижняя поверхность элитры имеет слой люминесцирующих клеток (фотоцитов) которые представляют собой модифицированные эпидермальные клетки. Фотоциты содержат флавиносодержащий белок — полиноидин, который люминесцирует при взаимодействии с супероксид-радикалом.

Установлено, что процесс аутономии и инициации люминесценции регулируется нервной системой. Точная последовательность процессов, приводящих к активации биолюминесценции, еще не установлена. Вероятно, инициация люминесценции включает в себя выброс ацетилхолина (АЦХ) окончаниями нервных волокон элитры, его связывание с М-холинорецепторами фотоцитов, генерацию и распространение потенциала действия в фотоцитах. Активация полиноидина, вероятно, является кальций-зависимой и, соответственно, развивается при поступлении внеклеточного кальция в цитоплазму. В предыдущие годы были проведены исследования, в которых показано, что блокаторы М-холинорецепторов приводят к подавлению люминесценции. Наибольшее влияние оказывает неселективный блокатор холинорецепторов

атропин. Селективные блокаторы различных подтипов холинорецепторов (М1 блокатор пирензепин и М3-блокатор 4-DAMP) подавляют люминесценцию в различной степени.

Целью данной работы являлось изучение вклада холинергической иннервации в регуляцию процесса люминесценции, и, в частности, определение роли М2-подтипа холинорецепторов в инициации люминесценции элитр полихеты. Использовали селективный блокатор М2-холинорецепторов — метоктрамин. Интенсивности люминесценции элитр определяли в следующих растворах:

- 1) морская вода (контроль) (n = 33);
- 2) раствор метоктрамина в концентрации 10^{-3} М на морской воде (n = 17);
- 3) раствор метоктрамина в концентрации 10^{-4} М на морской воде (n = 19).

Интенсивность люминесценции половины элитр от каждого животного измерялась в контрольном растворе. Вторая половина использовалась в одном из опытных растворов.

Материал для работы собирался в заливе Великая Салма, Кандакшский район Белого моря со дна моря на глубине около 10 м. Животные изымались из собранного ракушечника и помещались в проточный аквариум с морской водой при температуре 6–8°C. Перед началом эксперимента животное помещалось в бескальциевый раствор искусственной морской воды с повышенным содержанием магния (для обездвиживания животного, предотвращения преждевременной активации люминесценции элитр). Измерения проводились на одиночных, искусственно отсепарированных элитрах. Для этого элитру вначале отделяли от червя вместе с элитрофором. Непосредственно перед помещением в экспериментальный раствор и измерением люминесценции, для стимуляции выброса АЦХ наносилось механическое повреждение элитры. Измерение люминесценции проводилось с помощью люминометра Hidex (Triathler) в течение 1 минуты с максимальным временным разрешением (0,1 С). Результаты измерений выражались в количестве зарегистрированных фотонов в секунду. По итогам измерений сравнивались величины максимальной интенсивности люминесценции и скорость затухания в контроле и растворах с двумя концентрациями метоктрамина.

При сравнении максимальных интенсивностей люминесценции статистически значимых различий между контролем и опытом вы-

явлено не было (Критерий Манна-Уитни, $p=0,35$). Однако отмечалась тенденция к понижению интенсивности и замедлению скорости затухания люминесценции в растворах с метоктрамином. Данные результаты могут объясняться несколькими причинами:

- холинорецепторы M2-подтипа не принимают участия в активации люминесценции у *H. imbricata*;
- M2-холинорецепторы *H. imbricata* структурно отличаются от M2-рецепторов позвоночных и метоктрамин имеет низкую аффинность к данным рецепторам.

Наиболее вероятно, что фотоциты *H. imbricata* имеют холинорецепторы, существенно отличные от рецепторов позвоночных, но в наибольшей степени эти рецепторы сходны с M1 и M3 подтипами холинорецепторов.

Микромицеты оз. Кисло-сладкое — отделяющегося водоема Белого моря

О.А. Грум-Гржимайло, Е.Н. Биланенко

Каф. микологии и альгологии МГУ Биологического ф-та им. М. В. Ломоносова

Представлены результаты исследования микобиоты донных и береговых илистых отложений, торфяных залежей и почвы побережья озера Кисло-сладкое, расположенного на берегу Кандалакшского залива Белого моря около Беломорской биологической станции им. Н. А. Перцова МГУ. Берега и дно Кандалакшского залива Белого моря поднимаются со средней скоростью 0,5 см/год. По всему побережью происходит постепенное обособление и отделение от моря небольших водоемов, их постепенное заболачивание и опреснение благодаря отдалению от моря и наличию постоянного пресного стока. Таким образом происходит образование болот, которые покрывают до 80% суши в данном регионе. Оз. Кисло-сладкое находится на такой стадии отделения от моря, которая характеризуется прекращением регулярного водообмена между морем и водоемом, проникновения морских вод становятся эпизодическими при наибольшем совпадении приливов и нагонов. Водоем уже практически отделен от моря, но высота порога при этом не препятствует свободному стоку поверхностных вод, поэтому он не опресняется. Это состояние водоема – изгоя, отторгнутого морем, но не освоенного сушией, обуславливает своеобразие физических, химических, биоло-

гических и других параметров. Видовой состав живых организмов в таких экотопах уникален, однако мало изучен. Грибы, обитающие в отделяющихся от моря водоемах, ранее не изучались.

Для исследования грибов образцы живой части сфагнума, очеса и торфа разной степени разложения, ила, а также почвы, окружающей озеро, (28 образцов) были отобраны и посеяны на стандартные и селективные питательные среды (6 сред).

Идентификацию видов грибов проводили по морфолого-культуральным признакам и с использованием молекулярных методов (участки ITS, LSU рДНК). В результате 156 видов микромицетов были выделены, полностью или частично идентифицированы. Наибольшую долю из них составили анаморфные виды аскомицетов порядков Hymenochaetales, Eurotiales, Helotiales и стерильные мицелии. Среди анаморфных видов аскомицетового аффинитета наибольшая часть принадлежит родам *Penicillium* (*P. spinulosum*, *P. glabrum*, *P. funiculosum*), *Cladosporium* (*C. cladosporioides*, *C. bruhnei*, *C. herbarum*), *Acremonium* (*A. potronii*), анаморфным видам рода *Cordyceps*. Прослеживается зависимость изменения видового состава грибов от типа образца и его свойств (значения pH, органического состава и др.). Эта корреляция была подтверждена лабораторными исследованиями параметров роста грибов, выделенных из образцов оз. Кисло-сладкое, при разных значениях pH и на средах с различными источниками углерода. Интересен факт обнаружения среди доминирующих в илистых донных отложениях видов грибов, характерных для морских местообитаний. Показано, что структура микобиоты отражает как существующую связь с морем, так и процесс постепенного заболачивания этого отделяющегося от моря водоема.

БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КАК МАРКЕР ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕКОТОРЫХ БЕЛОМОРСКИХ ГИДРОИДОВ

В.С. Дементьев

Каф. зоологии беспозвоночных, Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

Биоллюминесценция позволяет интактно, не убивая организм, исследовать внутренние процессы. Согласованная продукция люминесценции различными модульными элементами колонии может стать ключом для понимания способов передачи сигнала между

клетками и дополнить уже имеющиеся данные о физиологической интеграции колонии.

Место выполнения работы

Экспериментальная часть работы выполнена на Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова с 21 июля по 4 августа 2012 г.

Исследуемые виды

Obelia geniculata L. 1758, *Obelia longissima* Pallas 1766 *Gonothyraea loveni* Allman 1859, *Laomedea flexuosa* Alder 1857, *Dynamena pumila* L. 1758, *Clava multicornis* Forskal 1775, *Hydrallmania falcata* L. 1758, *Sertularia mirabilis* Verrill 1873, *Diphasia fallax* Johnston 1847.

Методика

Регистрация интенсивности свечения произведена при помощи ручного однопробного жидкостно-сцинтиляционного счетчика Triathler-LSC (Hidex, Финляндия), разработанного для быстрого измерения образцов, содержащих альфа, бета, гамма или люминесцентные метки. Прибор используют в радиоизотопных и санитарно-эпидемиологических исследованиях. Счетчик Triathler-LSC обладает функцией люминометра — прибора, способного регистрировать фотоны, испускаемые источником света, определяя тем самым интенсивность свечения. Потенциально люминесцирующий объект помещают в пробирку с жидкостью (ей может являться любой раствор, но в данной работе была использована натуральная морская вода для создания условий близких естественным, а также дистиллированная вода), для которой подбирают сменный адаптер. Адаптер помещают внутрь люминометра, после чего плотно заворачивают крышку, чтобы исключить возможность попадания внешнего света на фоторегистратор. Серия измерений интенсивности люминесценции длится 1 минуту. Измерение происходит раз в 100 мсек (0,1 сек), таким образом, на выходе получается 600 значений, в течение 1 минуты. Математическую обработку данных осуществляли в программе Excel, переводя в удобный формат, находя среднее значение интенсивности люминесценции за 1 минуту и строя график зависимости интенсивности от времени.

Результаты

Наиболее простым способом определения наличия способности к биолюминесценции организма является помещение его в прес-

ную воду, вследствие чего происходит цитоллиз клеток, ведущий к выходу люминесцентов (т.е. веществ, вызывающих люминесценцию) из внутриклеточных депо, их взаимодействию и, как следствие, возрастанию интенсивности свечения. Организмы, не содержащие внутриклеточных люминесцентов, не обнаруживают роста люминесценции при помещении в дистиллированную воду.

Способность к свечению обнаружили два вида гидроидов — *Obelia longissima* и *O. geniculata*, что соответствует литературным данным (Harvey, 1952; Гительзон и др., 1969).

Биолюминесценцию гидроидов следует отличать от флуоресценции посторонних органических и неорганических частиц и водорослевого оброста, зачастую покрывающего тело колоний. Флуоресценция (или фотолюминесценция) представляет собой свечение некоторых веществ под воздействием освещения. Флуоресценцию пигментов высших растений, водорослей и фотосинтезирующих бактерий принято делить на две компоненты: быструю (время жизни после отключения внешнего источника освещения составляет 10^{-9} – 10^{-8} сек) и замедленную (затухает в течение нескольких минут после прекращения освещения). Быстрая флуоресценция является фотофизическим процессом, обусловленным высвечиванием части поглощенной пигментом энергии, не успевшей мигрировать к реакционному центру фотосистемы. Замедленная флуоресценция вызвана происходящими в реакционных центрах фотохимическими реакциями. Выдерживание обросших водорослями колоний в абсолютной темноте в течение 6 часов позволяет избавиться от «шлейфа» замедленной флуоресценции (табл. 1), поскольку содержащиеся пигменты микрообитатели успевают высветить всю накопленную в реакционных центрах энергию в виде квантов света.

Питание гидроидов в естественных условиях происходит во время прилива и отлива: вода приносит планктон, который благодаря большой турбулентности приходит в соприкосновение со щупальцами гидроидных полипов, снабженных стрекательными клетками, вследствие чего происходит закоривание. В лабораторных условиях гидроидов кормили двухдневной культурой науплиусов *Artemia salina*. Периодика наступления свечения люминесцирующих гидроидов представлена в табл. 2.

Таблица 1. Изменение средней интенсивности люминесценции колоний гидроидов, обросших водорослями, после освещения и затемнения в течение 25 минут.

Время (мин.) Вид	Интенсивность биолюминесценции, фотоны									
	После дневного освещения					После 6 часов в темноте				
	5	10	15	20	25	5	10	15	20	25
<i>Gonothyræa loveni</i>	129	48	45	45	44	50	41	38	38	36
<i>Laomedea flexuosa</i>	82	38	34	35	37	35	34	34	37	33
<i>Dynamena pumila</i>	188	47	40	41	38	41	39	41	41	40
<i>Obelia geniculata</i> (перисарк)	118	46	43	40	41	54	49	45	44	42
<i>Obelia longissima</i> (перисарк)	96	41	41	40	41	42	43	45	41	41

Obelia geniculata значительно ярче, чем у *Obelia longissima*. Максимальная интенсивность для *O. geniculata* составляет 456000 фотонов при питании в естественных условиях и 275000 фотонов при кормлении в лаборатории, в то время как значения для *O. longissima* составляют 63000 фотонов и 7000 фотонов соответственно. Возможно, столь сильное различие связано с тем, что дисперсное расположение фотоцитов в колонии *O. geniculata* и их малый размер позволяет заполнить ими все элементов ценосарка, создав значительную плотность фотопродуцирующих клеток на единицу объема. Образующие скопления фотоциты *O. longissima* расположены лишь в гидрантах, а большая часть колонии оказывается освобождена от них; один кластер состоит не более чем из 100 клеток, а чаще — гораздо меньше (Летунов, Высоцкий, 1988), что несоизмеримо меньше числа фотоцитов, размещенных в том же объеме ценосарка *O. geniculata*. Таким образом, по количеству люминесцирующих клеток *O. longissima* уступает *O. geniculata*, что и выражено в слабой интенсивности свечения.

Таблица 2. Периодика наступления свечения люминесцирующих гидроидов после питания в естественных и лабораторных условиях.

	В естественных условиях		В лабораторных условиях	
	<i>Obelia longissima</i>	<i>Obelia geniculata</i>	<i>Obelia longissima</i>	<i>Obelia geniculata</i>
Начало роста люминесценции	Через 3 ч. 40 мин. после большой воды	Через 3 ч. после большой воды	Через 1 ч. 20 минут после кормления	Через 1 ч. 20 мин. после кормления
Период активной люминесценции	5 ч. 20 мин.	3 ч. 30 мин.	1 ч. 30 мин.	2 ч. 45 мин.
Наступление максимума люминесценции	7 ч. 20 мин. после большой воды	4 ч. 15 мин. после большой воды	2 ч. 10 мин. после кормления	2 ч. 50 мин. после кормления
I _{макс} , фотоны	63000	456000	7000	275000
Окончание люминесценции	9 ч. после большой воды	6 ч. 30 мин. после большой воды	2 ч. 50 мин. после кормления	4 ч. 5 мин. после кормления

Люминесценция

Люминесцировать способны и голодные колонии, не питавшиеся в течение суток. Свечение *Obelia longissima* довольно слабое и не превышает 2000 фотонов, что может быть связано с началом рассасывания гидрантов и постепенной деградацией фотоцитов. Колонии *Obelia geniculata*, напротив, сохраняют высокий уровень люминесценции (более 10000 фотонов), видимо обусловленный миграцией элементов деградирующих тканей к внутренним частям колонии и использованием их в качестве источника питания для поддержания физиологических процессов в организме, в том числе, свечения.

Выводы

- 1) Биолюминесценция свойственна гидроидам *Obelia longissima* и *O. geniculata*. *Gonothyræa loveni*, *Laomedea flexuosa*, *Dynamena*

pumila, *Diphasia fallax*, *Sertularia mirabilis*, *Hydrallmania falcata*, *Clava multicornis* люминесценцию не проявили.

- 2) Люминесценция гидроидных полипов может являться следствием питания колонии.
- 3) Интенсивность биолюминесценции *Obelia geniculata* выше, чем *Obelia longissima*.
- 4) Высокое значение интенсивности свечения нелюминесцирующих гидроидов в темноте вызвано замедленной флуоресценцией водорослевого оброста.

ПРИРОДНЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ МОРСКИЕ БАССЕЙНЫ СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ИЗОЛЯЦИИ

Н.А. Демиденко

Государственный океанографический ин-т им. Н.Н. Зубова

Гидрологические, гидрохимические, гидробиологические и экологические исследования в морских изолированных бассейнах становятся все более актуальными в связи с возрастающим влиянием хозяйственной деятельности человека, в первую очередь на прибрежные экосистемы. Морское гидротехническое строительство — сооружение защитных дамб и плотин, эстакад и насыпей для прокладки дорог, создание рабочих бассейнов приливных электростанций (ПЭС) и т.п. — связано во многих случаях с необходимостью отсечения морских заливов, эстуариев, полузакрытых участков прибрежных акваторий и сопровождается уменьшением в той или иной степени их естественного водообмена с морем.

Морские полузакрытые бассейны, являясь частью неритической зоны океана, отличаются высокой биологической продуктивностью и большими запасами хозяйственно ценных растений и животных. Перекрытие эстуариев может приводить к сокращению и полному исчезновению популяций проходных рыб, ограничению их ареалов. В промышленных районах изоляция части морского бассейна приводит к увеличению в воде загрязняющих веществ. При критической величине снижения водообмена в зарегулированных бассейнах могут происходить необратимые повреждения экосистем и полная потеря биологических ресурсов — макрофитов, моллюсков, рыб и т.п. (Семенов, 1988). В связи с более быстрым протеканием процессов в искусственных морских бассейнах, их исследование может

послужить моделью при реконструкции изменений на разных этапах прибрежных экосистем при увеличении природной изоляции от моря полузакрытых водоемов в истории океана.

В северных широтах известно немало морских водоемов, находящихся на разных этапах естественной изоляции от основного, более крупного морского бассейна или отсекаемых при строительстве различных гидротехнических сооружений. Акватории, отделяющиеся от моря естественным путем, часто представляют собой глубоко врезанные в сушу узкие морские заливы, губы, эстуарии, фьорды и фиарды, а также их вершины и боковые ответвления. Сюда относятся и небольшие прибрежные ковши, лагуны и озера, уже утратившие или имеющие только периодическое, во время сизигийных приливов и штормовых нагонов, или частичное сообщение с морем через фильтрующую перемычку.

К искусственно, частично или полностью, изолированным морским акваториям относятся бассейны приливных электростанций (ПЭС), заливы и эстуарии, защищаемые дамбами от наводнений, отсекаемые железнодорожными и автомобильными насыпями, рыбоводные садки и т.д.

В меромиктических водоемах с повышенной стратификацией, водообмен которых с открытым морем затруднен мелководным порогом или иной преградой, в результате деятельности бактерий—сульфатредукторов в донном осадке и в воде котловины может накапливаться сероводород. Осадок заражен обычно сильнее, чем вода, имеет на поверхности черный налет. Черный цвет по всей его толще указывает на постоянство заражения. Примером крайнего проявления такой изоляции водоема может служить озеро Могильное на о-ве Кильдине в Баренцевом море, которое отделено от моря фильтрующей перемычкой. В естественных морских водоемах с узким горлом и мелководным порогом, приводящим к понижению водообмена с морем, отмечается наличие сероводорода в придонном горизонте, но сохраняется в целом морской облик флоры и фауны. К таким водоемам можно отнести самый верхний бассейн в губе Ивановской на Восточном Мурмане, кутовой ковш (Кота-Ярви) в губе Ара на Западном Мурмане, лагуны в губе Черная на Новой Земле, неглубокие прибрежные губы ковшового типа и Мертвое озеро в Долгой губе Соловецкого острова, солоноватые лагуны на разных этапах изоляции и меромиктические озера «изгои» в окрестностях Беломорской биостанции МГУ.

Искусственно отсеченные водоемы с полностью или частично уменьшенным водообменом, образовались в Канда-губе в вершине Кандалакшского залива Белого моря с 1915 г. после строительства железнодорожной дамбы, с середины 60-х годов XX в. после строительства автомобильной трассы, в губе Кислой Баренцева моря (Западный Мурман) после строительства в 1965–1968 гг. Кисло-губской приливной электростанции, неглубокие прибрежные лагуны ковшового типа вдоль искусственной дамбы, построенной в 1856 г., и соединяющей о-в Соловецкий с о-вом Большая Муксалма, Филипповские садки, построенные в середине XVI в., на Большом Соловецком острове.

В последние годы разрабатывались проекты превращения морских заливов в опресненные водоемы. Одним из главных проектов 80-х годов XX в. было предложенное институтом «Союзгипроводхоз» отсечение Онежского залива дамбами в створе Соловецких островов и схема переброски стока бассейна Белого моря в бассейн Волги по трассе Беломорско-Балтийского водного пути.

Онежский залив представляет собой вытянутый с северо-запада на юго-восток сравнительно мелководный полузамкнутый водоем, ограниченный береговой линией и соединяющийся с Бассейном Белого моря двумя большими проливами. За условную границу залива, отделяющую его от Бассейна Белого моря, принята линия, проходящая от м. Горболукского (на восточном берегу) по северному побережью о. Жижгин, о. Анзерский, о. Большой Соловецкий, до о. Луда-Колецела и далее до устья р. Летней на Карельском берегу Белого моря.

Отсечение дамбами акватории залива по створу Соловецких островов привело бы к полной изоляции залива от влияния моря, т.е. к превращению залива в искусственное озеро. Система сброса вод, компенсирующего приток речных вод в залив, будет полностью исключать проникновение соленых вод, приливных и нагонных волн со стороны моря.

После перекрытия дамбами обоих Соловецких проливов гидрологический режим и темпы распреснения вод в водохранилище определялись бы как соотношением составляющих водного, солевого и теплового балансов, так и характером перемешивания вод, которое в свою очередь определяется их динамикой (турбулентностью и структурой). Турбулентность, возникающая при движении вод, будет обусловлена тремя факторами: ветровыми волнами, пе-

реносными течениями и плотностной (температурной и соленостной) стратификацией вод.

Турбулентным перемешиванием будет охвачен преимущественно верхний слой толщиной 20–30 м. Вертикальный водо-, солее- и теплообмен между верхним слоем и глубинной областью будет затруднен из-за высокой устойчивости водной массы по вертикали и ограниченности высоты ветровых волн в водохранилище. Штормовое волнение будет обеспечивать перемешивание верхнего слоя до 30–40 м, глубоководная часть залива не будет подвергаться ветровому и волновому перемешиванию. Это привело бы к застою соленых вод в глубоких котловинах Онежского залива и развитию процесса сероводородного заражения придонных вод.

Таким образом, с точки зрения оценки целесообразности превращения морских акваторий в пресноводные водохранилища важен процесс распреснения, представляющий промывку морских солей пресными водами, поступающими в водохранилище. Ориентировочная продолжительность этого этапа для рассматриваемого варианта отсечения Онежского залива от Белого моря в створе Соловецких островов (современный объем вод около 150 км³) составляет 15 лет.

В бассейне Баренцева моря в губе Долгой-Восточной ведутся изыскания и проектные работы по строительству Северной приливной электростанции (Северной ПЭС). Губа Долгая представляет собой удлинённый, ориентированный с северо-востока на юго-запад фьордоподобный залив Мурманского побережья Кольского полуострова, вдающийся в берег на 5,5 км. Так как высота берегов губы превышает 100 м только на редких участках, то ее можно отнести к разновидности фиордов, которые называются фиарды и отличаются более пологими берегами, меньшими глубинами (десятки метров) и меньшей расчлененностью дна. Средняя ширина акватории губы составляет 0,65 км, средняя глубина — 40,7 м, максимальная — 96 м. Акватория залива при уровне полной воды занимает 5,6 км², объем бассейна составляет 0,25 км³.

Губа относится к полнооборотным заливам, так как морские воды распространяются до ее вершины за один приливный цикл. Прилив в губе Долгой правильный полусуточный, с максимальной величиной в сизигию 4,0–4,2 м, минимальной — 0,7–0,9 м. Эти параметры остаются практически неизменными по всей протяженности губы. Волновая динамическая активность вод губы Долгой

высокая, особенно при штормовых ветрах северных румбов, затишные участки практически отсутствуют.

Подводный рельеф губы — типичный для фьордоподобных заливов. Поперечный профиль депрессии жолобообразный. Днище затопленного трога выположено и не имеет значительных неровностей, за исключением расположенного в центральной части губы, ближе к ее восточному берегу, поднятия, образующего подводную банку с минимальной глубиной 11 м. Самая глубоководная (глубина 96 м) часть губы расположена к северу от этой банки в 2 км от устья.

Длина береговой линии губы Долгой составляет 14,5 км. Рельеф берегов имеет абразивный характер. Преобладают клифы, расщелины, распадки и трещины. Южный берег в вершине губы Долгой на протяжении 1,3 км представлен обрывистым краем морской аккумулятивной террасы, сложенной рыхлыми песками. На юго-западе в вершине губы впадает р. Долгая и ручей. На восточном берегу имеется мелководная лагуна, связанная с губой протокой.

Несмотря на наличие глубокой котловины и порога, естественную вентиляцию придонных слоев губы можно считать достаточной для полного окисления сероводорода, который образуется в результате жизнедеятельности бактерий-сульфатредукторов, значительное количество которых характерно для губ Баренцева моря. Исследования специалистов Института микробиологии РАН в июне после весеннего половодья в р. Долгой и в августе 2008 г. после активного развития фитопланктона подтвердили исследования Ленгидропроекта 1990 г. об отсутствии сероводорода в придонных и иловых водах. Зеленоватый-серый цвет ила на дне глубоководной впадины свидетельствует об окислительных условиях в придонной воде и в верхнем слое донных отложений. Об этом же свидетельствует наличие на дне котловины до максимальных глубин довольно разнообразной фауны зообентоса с высокой биомассой. Наличие сероводорода обнаружено только в верхней части лагуны — «Соленого озера» вне зоны приливного и штормового воздействия.

Строительство плотины приливной электростанции приведет к снижению водообмена до 60% от естественного, ограничению адвективного переноса водных масс и застою явлениям в придонном горизонте. Приток пресных вод в отсеченный бассейн ПЭС в период весеннего половодья из р. Долгой и ручья приведет к распреснению верхнего слоя воды.

Результаты исследований гидрологических, гидрохимических и гидробиологических условий в меромиктических озерах-изгоях на разных этапах изоляции в окрестностях Беломорской биостанции МГУ и опыт эксплуатации Кислогубской ПЭС является важным фактором при прогнозировании зарождения сероводородного заражения в придонной воде и в верхнем слое донных отложений губы Долгой и экологическим последствиям строительства Северной ПЭС.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ, ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ
ОСНОВЫ СИСТЕМАТИКИ ГОЛОЖАБЕРНЫХ МОЛЛЮСКОВ РОДА
DENDRONOTUS МОРЕЙ РОССИИ

И.А. Екимова¹, Д.М. Щепетов², Т.А. Коршунова³, Т.В. Неретина¹,
А.В. Мартынов⁴

1 — Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, 2 — Ин-т биологии развития им. им. Н.К. Кольцова РАН, Ф-т биоинженерии и биоинформатики МГУ им. М.В. Ломоносова, 3 — Ин-т высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, 4 — Зоологический музей МГУ им. М.В. Ломоносова

Голожаберные моллюски рода *Dendronotus* (Opisthobranchia: Nudibranchia: Dendronotacea) относятся к одним из самых массовых видов беспозвоночных морей России и являются характерным компонентом донных биоценозов и сообществ обрастания. Представители рода *Dendronotus* входят в число удобных объектов для экологических и физиологических экспериментов и проведения студенческих практик. Несмотря на это, видовой состав рода *Dendronotus* в морях России до сих пор остается не изученным, а в широко распространенных определителях имеется большое число неточностей. Все это свидетельствует о настоятельной необходимости проведения современной ревизии рода *Dendronotus* морей России на основании комплексного подхода, включающего морфологический, молекулярный, и онтогенетический анализ.

В основе данной работы лежит исследование обширного материала из коллекций различных российских и зарубежных институтов и музеев, а также собственные сборы с применением легководолазного снаряжения из арктических и дальневосточных морей России. Кроме того, были использованы материалы современных экспедиций, собранных сотрудниками ПИНРО и ММБИ в Баренцевом и Карском морях. Морфологические данные получены с применением сканирующего электронного микроскопа на базе

межкафедральной лаборатории электронной микроскопии Биологического факультета МГУ. Для изучения онтогенетических изменений таксономических признаков были исследованы серии ювенильных особей. Молекулярно-генетический анализ был осуществлен с использованием участков последовательностей митохондриальных (COI, 16S рПНК) и ядерных (H3, 28S рПНК) генов на базе лаборатории молекулярных методов ББС МГУ и лаборатории популяционной биологии ВНИРО. Молекулярно-генетическое исследование для систематических и филогенетических целей на таком обширном материале было впервые проведено для представителей фауны моллюсков морей России.

В ходе реализации данного проекта, был получен целый ряд существенных результатов, позволяющих в значительной степени изменить наши представления о систематике одного из самых массовых родов головожаберных моллюсков морей России. Прежде всего, получены надежные данные в пользу гетерогенности массового вида *D. frondosus*, оказавшимся комплексом криптических видов. Продemonстрировано, что *D. frondosus* s. str., наиболее вероятно, является исключительно атлантическим бореальным видом и отсутствует в водах Тихого океана. В дальневосточных морях России было обнаружено два новых для науки вида, четко отличающихся по морфологии радулы и молекулярным данным, которых ранее относили к *D. frondosus* благодаря внешнему сходству. Этот результат важен для биогеографического анализа, поскольку свидетельствует о необходимости очень тщательного подхода к возможности существования так называемых амфибореальных видов.

Примечательно, что указанные новые таксоны, помимо различий по исследованным генам, продемонстрировали заметные отличия в особенностях онтогенетического развития ключевых систематических признаков, прежде всего радулы. Показано, что ранние стадии развития радулы некоторых видов рода *Dendronotus* могут соответствовать взрослому состоянию этого признака у других видов. Между тем, подобные онтогенетические различия таксономических признаков, фундаментальных как для исследуемой группы, так и для типа Mollusca в целом, не учитываются в современных работах. Как следствие, это может приводить к значительным ошибкам в определении, и влиять на другие исследования, зависящие от точности таксономических определений, например экологический мониторинг.

Таким образом, в ходе данного исследования, были получены следующие результаты:

1. На основании новых морфологических и молекулярных данных было сделано подробное описание 7 видов рода *Dendronotus*, обитающих в морях России (*D. frondosus* (Ascanius 1774), *D. lacteus* (Thompson 1840), *D. dalli* Bergh 1879, *D. robustus* Verrill 1870 и трех новых для науки видов).

2. Впервые для фауны морей России в Баренцевом море обнаружен атлантический вид *Dendronotus lacteus* (Thompson 1840), известный ареал которого ранее не выходил за пределы Северного моря. Продemonстрировано, что *D. lacteus*, несмотря на внешнее сходство с *D. frondosus*, является самостоятельным видом, четко отличающимся как по признакам радулярного аппарата, так и по молекулярным данным.

3. На основании обширного материала, показано, что, несмотря на значительный полиморфизм в окраске, на мелководье Белого моря доминирует один вид из рода *Dendronotus*, массовый североатлантический вид *D. frondosus*. Напротив, в северной части Тихого океана *D. frondosus* не обнаружен. Там его замещает целый ряд криптических видов, надежно выявляемых не только с помощью молекулярного анализа, но и детальных морфологических данных, включая строение радулы и спинных отростков. Два новых вида из этого комплекса обнаружены у побережья Камчатки и в Беринговом море.

4. Полученные новые данные позволили полностью исключить тихоокеанский вид *D. dalli* из списков фауны Белого и Баренцева морей. Ранее этот вид неоднократно указывался для этих акваторий. В тоже время, как в Кандакшском заливе Белого моря, так и в шельфовой зоне Баренцева моря обнаружен новый вид рода *Dendronotus*, с одной стороны обладающий сходной с *D. dalli* радулой, а с другой, имеющий различия во внешних признаках и резко отличающийся от него по молекулярным данным.

5. Продemonстрировано, что онтогенетические гетерохронии в развитии радулы были одним из ключевых эволюционных эпизодов дифференциации ряда видов рода *Dendronotus*. Особенно наглядно связь гетерохроний с эволюцией продемонстрирована для двух новых видов из северной части Тихого океана.

Основным выводом данного исследования является возможность получения согласованного результата между морфологиче-

скими, онтогенетическими и молекулярными данными. Проблема несогласованности между этими основными группами данных весьма остро стоит в современной систематике и филогенетике. Кроме того, данное исследование массового таксона голожаберных моллюсков можно рассматривать как важный пилотный проект для последующего комплексного морфолого-молекулярного изучения не только голожаберных моллюсков, но и большинства беспозвоночных фауны России.

СТРОЕНИЕ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ *COSSURA PYGODACTYLATA* JONES,
1956 (COSSURIDAE, POLYCHAETA)

А.Э. Жадан, Е.В. Ворцепнева, А.Б. Цетлин

Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова МГУ

Группа Cossuridae, занимает неопределенное филогенетическое положение в системе Polychaeta. Коссуриды имеют ряд уникальных морфологических признаков, которые отличают это семейство от других полихет. Первая яркая особенность — наличие очень длинного (часто существенно длиннее тела червя) бранхиального филамента, прикрепленного к дорсальной стороне второго щетинкового сегмента, функция которого неизвестна (скорее всего, это дыхание). Вторая — строение пищедобывательного аппарата. Все коссуриды несут ротовые щупальца (у *C. pygodactylata* количество достигает 12), которые расположены в полости глотки и отходят от ее дорсальной стороны. Данные о внутреннем строении коссурид фрагментарны. Задачей исследования является изучение мышечной системы у *C. pygodactylata* из Белого моря. Предполагалось, что изучение микроанатомии коссурид позволит провести сравнительный анализ уникальных органов коссур с органами других семейств полихет и определить их гомологии и позволит уточнить положение коссурид в системе полихет.

Для изучения мышечной системы *C. pygodactylata* был применен метод иммуноцитохимического окрашивания с последующим изучением на лазерном сканирующем микроскопе. Весь материал был собран на ББС МГУ им. Н.А. Перцова в летние и осенние сезоны 2010–2012 гг. Для получения полной картины по развитию мышечной системы в онтогенезе было отобрано 22 ювенильных особей (от 6 до 20 щетинконосных сегментов) и 9 взрослых осо-

бей. Весь материал был зафиксирован по стандартной методике и окрашен фаллоидином на ф-актин. После окраски материал просветляли по методике Murret Clear и изучали на микроскопе Nikon A1 на ББС МГУ. По результатам сканирования были получены трехмерные реконструкции в программе Imaris.

В результате исследований были получены реконструкции мышечной системы всего тела *C. pygodactylata* на разных стадиях развития. Стенка тела червей состоит из наружного слоя кольцевых или трансверсальных мышц, внутреннего слоя продольных мышц, на вентральной стороне тела имеются хорошо развитые межсегментные и внутрисегментные косые мышцы. Трансверсальные мышцы развиты слабо, нигде не образуют сплошного кольца, больше всего их в абдоминальном отделе тела. Продольные мышцы мощные, образуют две дорсальных и две вентральных ленты. Между вентральными лентами проходит дополнительный медианный тонкий пучок. Жаберный филламент содержит два продольных мышечных тяжа, которые не соединяются с мускулатурой стенки тела. Кольцевых, спиральных, трансверсальных элементов в филламенте не обнаружено. В состав параподальной мускулатуры входят косые мышцы, мощно развитые в переднем отделе тела, протракторы и ретракторы щетинок, мышцы стенки параподий, идущие от продольных пучков. Мускулатура переднего конца тела устроена различным образом у взрослых и ювенилей. У ювенилей спинные продольные мышцы кончаются на уровне перистомиума, ротральные мышцы тянутся до конца простомиума, околоротовой мышечный комплекс отсутствует. У взрослых спинные и брюшные продольные мышцы заходят в простомиум примерно до середины его длины. В дистальной части простомиума расположены две группы из 5–14 дорсо-вентральных пучков каждая. Околоротовой комплекс включает верхнюю и нижнюю губы. Верхняя губа содержит только трансверсальные элементы мускулатуры. От них медианно отходят дорсо-вентральные мышцы, которые крепятся к дорсальным продольным тяжам. Нижняя губа состоит в основном из поперечных элементов, идущих между вентральными пучкам. Изнутри от них в передней части расположен второй слой поперечных мышц, которые крепятся к дорсальным продольным мышцам несколькими пучками. Дистальнее расположены четыре пары косых мышц. Они соединяются между собой медианно, и тянутся назад к вентральным продольным лентам. Буккальные щупальца развиты у особей с 21 и более ШС в количе-

стве от 4 до 10 шт., их число всегда четное. В каждом щупальце 1 толстый и 2 тонких продольных мышечных филаментов. Поперечных и кольцевых элементов нет. В основании продольные тяжи всех щупалец соединяются в два мощных пучка, которые расходятся вправо и влево и соединяются с тяжами спинной продольной мускулатуры в районе 4 ЦС. В пучке щупальца располагаются в один вертикальный ряд. Половина щупалец идет в левый тяж, половина в правый. Со спинной и брюшной стороны от кишки проходят продольные тяжи, входящие в состав спинного и брюшного мезентериев. В передней части тела развиты диссепименты, в которых вокруг кишки проходит полукольцевая мышца, берущая начало в интерсегментных косых мышцах. Глотка аксиальная, мягкая, способна выворачиваться. Она ассиметрична: ее спинная сторона гораздо длиннее вентральной и преобразована в буккальные щупальца; вентральная сторона представлена невысокой складкой, содержащей тонкие продольные и трансверсальные мышечные элементы. В дорсальной же части глотки развиты только тонкие продольные мышечные элементы. Кишка имеет кольцевую мускулатуру на всем протяжении тела. Миофиламенты тонкие, не образуют сплошного слоя. Спинной кровеносный сосуд имеет мощную мышечную обкладку в переднем отделе тела, примерно с 4 по 15 сегмент, и эту его часть мы называем сердцем. Снаружи мышцы сердца представлены очень короткими продольными волокнами, организованными в правильные кольца. Изнутри от них видны поперечные септы, совпадающие с границами каждого второго кольца продольных мышц. Изнутри от них у крупных особей видны очень тонкие продольные филаменты. Мышечная система косур включает как мышцы, гомологию которых можно проследить у других полихет, так и множество уникальных элементов, ранее не описанных.

В общем, строение мышечной системы взрослой *C. pygodactylata* имеет много общих черт с мышечной системой других полихет. Это верно для мускулатуры стенки тела и общего строения параподиального комплекса.

Неожиданным оказалось довольно сложное строение мышечной системы переднего конца тела, несмотря на то, что косуры лишены каких либо придатков на простомииуме и перистомииуме. Вероятно это связано с приспособлением к роющему образу жизни. Строение мышечной системы жаберного филламента и ротовых щупалец также не имеет аналогов среди других полихет.

Детальная реконструкция мышечной системы *Cossura* на разных этапах развития подтвердила обособленное положение семейства среди других полихет.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕСТОНАХОЖДЕНИЙ ГОЛОЦЕНОВЫХ МОЛЛЮСКОВ В РАЙОНЕ БЕЛОМОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ МГУ

Н.Е. Зарецкая¹, Н.В. Шевченко², В.М. Хайтов³

1 — Геологический ин-т РАН, 2 — Географический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, 3 — СПб ГУ, Канда拉克шский гос. природный заповедник

Белое море — самый молодой морской бассейн Северной Евразии: во время последнего оледенения он полностью покрывался Скандинавским ледниковым щитом. Проникновение морских вод через Горло Белого моря произошло в аллереде (11 ¹⁴С т. л. н.; Демидов, 2010), после чего море стало заново заселяться морскими организмами (Наумов, 2006).

История водоема Белого моря как морского бассейна началась синхронно началу голоцена около 10 ¹⁴С т. л. н., а особенно интенсивная инвазия двустворчатых моллюсков происходила во время атлантической климатической фазы голоцена, начиная с ~7 ¹⁴С т. л. н. (Наумов, 2006).

Белое море неоднородно по физико-географическим условиям. В пределах Канда拉克шского залива берега относятся к фиардовшхерному типу расчленения и имеют своеобразный облик — глубоко вдающиеся в сушу узкие заливы; разноразмерные, преимущественно скальные острова, многочисленные корги и мели. Этот район характеризуется высокими скоростями неотектонического воздымания. Для начала голоцена они оцениваются в 9–13 мм в год, для середины — 5–5,5 мм в год, а современные — примерно 4 мм/год (Романенко, Шилова, 2012).

История заселения Белого моря в голоцене тесно связана с его геологической историей. В раннем голоцене площадь и объем морского бассейна были существенно больше современного (Кощечкин, 1979). Дальнейшее гляциозостатическое поднятие суши и эвстатическое — уровня моря обусловили специфическое геологическое строение берегов. Благодаря выходу прибрежных территорий из-под воды, на суше встречаются древние морские отложе-

ния (т.н. «серые глины»), содержащие фаунистические остатки раковин моллюсков. Их комплексные исследования позволяют, как выявить особенности формирования тафоценозов малакофауны Кандалакшского залива, так и, определив их возраст — получить новые данные о геологической истории моря.

Наши работы начаты в 2010 г. (Зарецкая и др., 2011) и проводились на территории и в окрестностях Беломорской биологической станции (ББС) МГУ. Здесь на литорали часто наблюдаются многочисленные «высыпы» древней ракушки. Они, как правило, локальны, а на большей части береговой линии «серые глины» не содержат видимых остатков малакофауны. По-видимому, ракушечный материал захоранивался в морских осадках не равномерно, а в определенных условиях, благоприятствующих его накоплению. Места захоронения, скорее всего, не совпадали с местами массового обитания моллюсков, но вряд ли были от них значительно удалены из-за высокой изрезанности береговой линии и сложного подводного рельефа. Раковины моллюсков встречаются и на разных гипсометрических уровнях выше уреза воды, но эти находки более редки, так как «серые глины» перекрыты отложениями прибрежной фации, склоновыми отложениями и укрыты растительным покровом.

В изученных тафоценозах преобладающие по количеству виды — *Hiatella arctica* и *Tridonta borealis*. В настоящее время они встречаются в Горле Белого моря, на мелководьях вдоль Терского, Каналакшского и Карельского берегов, однако, тяготеют, в основном к Кандалакшскому и северной части Онежского заливов (Наумов, 2006). *H. arctica* известна в Белом море с верхнего пребореала (Невеский и др., 1977; Говберг, 1975), отмечена на глубинах от 2 до 140 м (преимущественно до 30 м), на смешанных грунтах, при температурах от $-0,9$ до $20,3^{\circ}\text{C}$ и солености 16,4–30,1‰ (Наумов, 2006). *T. borealis* в отложениях Белого моря встречается, начиная с атлантического времени (Невеский и др., 1977) и отмечена на глубинах от 0 до 40 м, на илистых, песчаных и смешанных грунтах при температуре от $-1,4$ до $14,2^{\circ}\text{C}$ и солености 23,0–27,8‰ (Наумов, 2006).

Примечательно, что *H. arctica* и *T. borealis* в современных биоценозах редко образуют массовые скопления, которые могут дать количество ракушки, сопоставимое с тем, что характерно для тафоценозов. В особенности это относится к *H. arctica*, которая, к тому же, редко достигает размеров и толщины раковин, встреча-

ются в ракушечных линзах. Интересно и то, что видовой состав современных скоплений ракушки не соответствует древним — основную массу составляют *Modiolus modiolus*. К сожалению, современные крупные подводные скопления ракушки еще недостаточно изучены. Тем не менее, в недавно вышедшей статье Skazina et al. (2012) описана рецентная система, в которой накапливается большое количество ракушки *T. borealis*: на $0,1\text{ м}^2$ может приходиться до нескольких десятков мертвых раковин.

Несмотря на то, что вышеописанные виды имеют одинаковое географическое распространение в Белом море, они принадлежат к разным типам локальных ареалов, то есть — не характеризуются сходством по преимущественной встречаемости (Наумов, 2006). В современных местообитаниях *H. arctica* и *T. borealis* вместе соседствуют нечасто, преимущественно в заиленных ламинариках (в ризоидах и в иле, соответственно). В тафоценозах же их сочетание в равных долях — обычно. Возможно, большинство тафоценозов по своему происхождению — бывшие ламинарники или, так называемые «ламинарные помойки».

Исследованные нами образцы морских отложений с ракушей были отобраны на территории ББС ее окрестностей. На литорали образцы отбирались в урочище Черные щали (к западу от ББС), на северных и южных (бухта Биофильтров) берегах мыса Киндо, и на мысу Зеленом. Выше уреза воды было найдено три местонахождения — т.н. «Палеонтологический объект» на высоте 25 м н. у. м., сейсмостектонический ров на м. Зеленый (раковины отобраны со дна шурфа на высоте около 8 м н. у. м.) и на острове Оленевский — 3–4 м.

Самая древняя дата $8,4^{14}\text{C}$ т. л. н. была получена по образцу из сейсмостектонического рва, в днище которого встречены морские отложения, перекрытые сапропелем и торфом. Морские отложения представляют собой тонкую (до 5 см) линзу серых глин, очень плотно набитую ракушей и ракушечным детритом. Анализ видового состава показал, что образец полностью состоит из мелких раковин *H. arctica*. По мнению А.Д. Наумова (устное сообщение), это могло быть скопление не угнетенных форм раковин, а молоди. Ракуша залегает непосредственно на скальном дне рва. Можно предположить раннеголоценовый возраст сейсмостектонического рва, но для более точного определения необходима датировка перекрывающих ракушу отложений.

Образцы из «Палеонтологического объекта» дали возраст 7,9–7,7 ^{14}C т. л. н. По анализу видового состава (Наумов, 2006) и результатам корреляции с датированными субэвральными осадками (Романенко, Олюнина, 2007), мы предполагаем, что линза формировалась на глубинах 20–25 м в начале атлантического периода голоцена, у подножия подводной скалы. Впоследствии эти отложения были перекрыты сначала пачкой «немых» серых глин, а затем — прибрежно-морских осадков, и в процессе воздымания подняты на современный уровень. Примечательно, что в образце отбора 2010 г. раковины *H. arctica* и *T. borealis* встречаются в равных пропорциях, а в образце 2011 г. абсолютно доминирует *T. borealis*. Из вмещающего раковины осадка (алеувитистый суглинок) не удалось выделить органику для получения радиоуглеродной даты. Это говорит, с одной стороны, о пространственной фациальной изменчивости тафоценоза, а с другой — о меньшем содержании органики в раннеголоценовых морских осадках по сравнению с более поздними образцами, что может быть связано с менее благоприятными климатическими условиями.

Отложения, вскрывающиеся на литорали, имеют возраст ракушки 6,8–4,5 ^{14}C т. л. н. и 5–4,6 ^{14}C т. л. н. вмещающих отложений. Ракуша и вмещающие ее осадки формировались в течение длительного времени (Средняя Атлантика — начало суббореального периода голоцена) в условиях низкоамплитудных колебаний уровня моря [конец стадии Тапес — начало стадии Тривия (Каплин, Селиванов, 1999)]. Большой возрастной диапазон дат свидетельствует об изменчивости условий осадконакопления и требует тщательного анализа каждого местонахождения. Существенная разница дат по ракушке и вмещающим отложениям в бухте Биофильтров говорит о частичном размыве и переотложении горизонта во время его перехода через береговую зону. В разрезе на мысу Зеленом наблюдается инверсия дат, а в некоторых образцах — плохая сохранность раковин. Примечательно, что все местонахождения ракушки на литорали были обнаружены у скальных выходов.

В ходе разнообразных подводных исследований, производимых водолазной станцией ББС МГУ, на дне пролива Великая Салма были обнаружены места массового скопления ракушки. В современных условиях крупные ракушечные танатоценозы нередко приурочены к подножиям «морских порогов», где резко падают скорости приливно-отливных течений. Это не соответствует той геоморфологической позиции, в которой встречается подавляющее

большинство древних ракушечных линз, приуроченных к крутым скальным выходам, и свидетельствует о пространственном несовпадении танатоценозов и тафоценозов. В пользу этого говорят и многочисленные следы активного перемыва — дробление раковин, плохая сортировка вмещающих отложений.

Таким образом, по результатам наших исследований, можно сформулировать ряд наблюдений и выводов.

Все обнаруженные тафоценозы формировались в непосредственной близости от скальных выходов или выступов. Для достижения той концентрации раковин, которая была встречена в образцах, требовалось либо длительное время формирования тафоценоза, либо снос с большой территории, но кратковременный (о чем говорит хорошая сохранность раковин в большинстве образцов).

По видовому составу в тафоценозах захораниваются раковины моллюсков, при жизни редко сосуществующих — тафоценоз не соответствует биоценозу, и, возможно, танатоценозу. Высотная «инверсия» дат по образцам на высотах 8 и 25 м н. у. м. может объясняться блоковой тектоникой, тем, что морские осадки могли накапливаться в широком диапазоне глубин, а так же размывом и переотложением более древних отложений.

Таким образом, определение возраста морских отложений по возрасту содержащейся в них малакофауны нужно проводить с большой аккуратностью, учитывая ряд факторов: геоморфологическая позиция; сохранность раковин; совпадение или расхождение возраста раковин различных видов в пределах одного тафоценоза; наличие или отсутствие инверсии дат в разрезе; соответствие возраста раковин возрасту вмещающих отложений.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ, гранты № 11-05-00538 и 12-05-00998. Мы искренне благодарны сотрудникам ББС МГУ и директору, д.б.н. А.Б. Цеглину за большую и бескорыстную помощь, д.б.н. А.Д. Наумову (ЗИН РАН) за интереснейшие консультации и А.Э. Басильяну (ГИН РАН) за определение видов раковин моллюсков.

БЕЛОМОРСКАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ МГУ КАК БАЗА ДЛЯ
ПРЕСНОВОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ПОЛЕВЫХ СТУДЕНЧЕСКИХ ПРАКТИК

Э.И. Извекова, А.А. Львова, А.Ю. Синев

Каф. зоологии беспозвоночных Биологического ф-та МГУ
им. М.В. Ломоносова

Юбилейная конференция, организованная в связи с 75-летием Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова посвящена разнообразным научным морским исследованиям на морских станциях. Нам бы хотелось несколько отойти от этого направления и рассказать о работах на пресных водах на базе ББС.

Студенты 3-го курса кафедры зоологии беспозвоночных проходили на ББС только морскую практику, а с 1962 г. туда была перенесена и пресноводная, так как с Кандалакшским заповедником заключили договор, в котором оговаривалось, что силами студентов и ведущих у них практику преподавателей будут обследованы озера на острове Великий. Практика стала по-настоящему производственной (Львова, Извекова, 2008). Студенты обучались приемам исследования водоемов в природной обстановке, умению разбить сетку станций для взятия проб и составить батиметрическую карту, учились оценивать качественный и количественный состав фауны озер. Пробы бентоса брали дночерпателем Экмана-Берджа, драгой и скребком, зоопланктон — тотально и по горизонтам количественной сетью Джеди. В лаборатории животных определяли, а в количественных пробах для выяснения их численности и биомассы — считали и взвешивали. На всех озерах проводили своими силами гидрохимические наблюдения. В Кандалакшском заповеднике было обследовано семь озер, на полуострове Киндо рядом с биостанцией — два озера (Верхнее и Водопроводное). В конце практики оформляли отчет с таблицами и, графиками, который сдавали в Кандалакшский заповедник и на биостанцию. По первому этапу работ (с 1962 г. по 1966 г.) в трудах Беломорской биологической станции (т. 3) была помещена статья «Фауна озер острова Великого и полуострова Киндо Кандалакшского залива Белого моря» (Извекова и др., 1970).

Некоторые студенты (В. Гагарин, К. Сидоров) после такой производственной практики поехали в этот же и на следующий год в экспедиции в Сибирь, где были назначены начальниками гидробиологических отрядов. Пройдя практику, А. Гиляров решил спе-

циализироваться по пресным водам и выполнил на Белом море под руководством А.А. Львовой курсовую и дипломную работы. Позднее им были опубликованы статьи по материалам своих студенческих работ. А спустя годы уже проф. А.М. Гиляров для своей аспирантки Е. Бизиной выбрал местом для решения поставленных в диссертации задач (специальность «экология») озера Верхнее и Водопроводное рядом с ББС. Собирали на беломорских озерах часть материала для своих диссертаций К. Попадьин (руководитель А.М. Гиляров), А.Ю. Синев (рук. Н.Н. Смирнов и Э.И. Извекова). Сейчас проводит сбор проб по своей диссертационной теме А. Каспарсон (руководитель д.б.н. Л.В. Полищук).

Производственная пресноводная практика на ББС последний раз была проведена в 1999 г.

В 2012 г. в связи с изменением учебного плана перед кафедрой была поставлена задача провести учебную практику для 2-го курса так, как ее проводили на Звенигородской станции МГУ во все предыдущие годы. Первый день занятий — 27 июня, а так как это север, то по сравнению с Московской областью идет отставание в развитии пресноводной фауны примерно на полтора месяца (на клумбах ББС цветет бадан, который цвел в Москве в начале мая). Нам необходимо показать студентам многообразие жизненных форм, и этот набор может быть представлен самыми разнообразными видами. Мы решили придерживаться схемы, тщательно разработанной на Звенигородской биостанции (Извекова, Левушкин, 2004 и 2011).

Занятия начинаются со знакомства студентов с педагогической фауной. На ББС, так же как и на Звенигородской станции, она состоит из четырех групп. Это коловратки, ветвистоусые (объединяющие несколько отрядов) и веслоногие рачки и личинки насекомых, представленные всего одним сем. Chaoboridae (из отряда Diptera).

В водоемах окрестностей ББС были встречены педагогические коловратки такие как седиментатор *Keratella cochlearis* (Gosse), хищник *Asplanchna priodonta* Gosse, колониальные *Conochilus unicornis* Rousselet и *C. hippocrepis* (Schränk), пелаго-бентические *Epiphanes senta* (Muller) и бентические коловратки из отряда Bdelloidea (ползающе-плавающие седиментаторы).

Ветвистоусые были представлены самыми разнообразными формами. Это и прибрежный хищник — *Polyphemus pediculus* (L.),

и фильтраторы из отряда Ctenopoda — ведущая прикрепленный образ жизни *Sida crystallina* (Müller) и пелагический рачок *Diaphanosoma brachyurum* (Levin), а еще северный рак в массивной студенистой оболочке из семейства Holopediidae — *Holopedium gibberum* Zaddach. Из отряда Anomopoda были раки из трех семейств: Bosminidae, Chydoridae и Daphniidae. Из последнего семейства кроме чисто пелагических форм можно было увидеть удивительно приспособленного к жизни в гипонейстоне под поверхностной пленкой воды рачка *Scapholeberis mucronata* (Müller), а в ванночках о. Касьян поймать дафнию *Daphnia magna* Straus, у которой практически всегда кроме обычных для дафний в летнее время самок встречаются самцы.

Веслоногие раки в пресноводных водоемах на ББС представлены каланидами (фильтраторами), циклоподами (всеядными и хищниками) и на дне — гарпактицидами (донными микрофагами). Для знакомства с каждой из этих групп достаточно нарисовать по одному объекту.

Планктонные двукрылые семейства хаоборид — активные хищники, встречающиеся в самых разных водоемах. Прозрачный *Chaoborus* дышит через поверхностные покровы, обитающий в мелких эвтрофных водоемах *Mochlonyx* имеет хорошо развитый сифон. Во время практики у мохлоникса, кроме личинок, были и куколки.

Бентосные животные были представлены планариями, в Нильме нам подарили огромного волосатика, олигохетами (фитофилами из сем. Naididae — детритофагами *Stylaria lacustris* (L.) и хищником *Chaetogaster diaphanus* (Gruith), а также пелофилами детритофагами из сем. Tubificidae и Lumbriculidae), разнообразными пиявками (плоскими хоботными, глоточными и челюстными), моллюсками (двустворчатыми и брюхоногими — жабернодышащими и легочными), ракообразными (водяной ослик) и многими отрядами насекомых.

Среди стрекоз встречались представители всех трех подотрядов. Поденки обитали и в стоячей воде и в быстротекущих ручьях. На этих объектах хорошо можно видеть приспособления к различным условиям обитания. Веснянки встречались в маленьких ручейках и в бурной реке Нильме. Были пойманы и хищные подвижные вислокрылки. Среди жуков были представители подотрядов Adephaga и Polyphaga. Была поймана личинка вертячки (*Gyrinus natator*),

хотя взрослые формы в это время еще не встречались. Много было самых разнообразных ручейников — и свободноживущих и в самых разных домиках, и в стоячих и в текучих водах. Их обилие поражало, так как в конце июля на Звенигородской станции, когда практику по зоологии беспозвоночных проходил второй курс как раз ручейников и не хватало. Было достаточно на ББС и Diptera.

В связи со всем вышесказанным становится ясным, что не только морскую, но и пресноводную практику можно проводить на Беломорской биостанции.

ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О БИОТЕ ЛЬДОВ ВОДОЕМОВ, ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ОТ БЕЛОГО МОРЯ: СОСТАВ, ОБИЛИЕ, ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

Л.В. Ильяш, Т.А. Белевич, Л.С. Житина, Е.Г. Колосова,
В.А. Кудрявцева

Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

Однолетние (сезонные) льды играют важнейшую роль в цикле углерода в полярных экосистемах. Во льдах обитают разнообразные организмы, включая гетеротрофные бактерии, цианобактерии, водоросли, простейшие, а также многоклеточные беспозвоночные. К настоящему времени накоплены достаточно обширные сведения о биоте льдов Белого моря (Михайловский, Житина, 1989; Гогорев, 1998; Сажин и др., 2004; 2007; 2012; Ильяш, Житина, 2009; Ильяш и др., 2003; 2012; Krell et al., 2003; Rat'kova, Wassmann, 2005 и др.), тогда как данные о биоте льдов соленых водоемов, которые образуются путем отделения морских заливов от моря вследствие изостатического подъема берега, до настоящего времени отсутствовали.

В настоящей работе представлены данные по видовому составу и биомассе цианобактерий, водорослей, гетеротрофных простейших и многоклеточных животных во льдах двух водоемов, отделяющихся от Белого моря. Оценено также вертикальное распределение биоты в толще льда.

Работы проводили на полуострове Киндо (Кандалакшский залив Белого моря) с 20 марта по 2 апреля 2012 г. Было исследовано два водоема: озеро Кисло-сладкое (полупресная лагуна) и лагуна на Зеленом мысу (по тексту озеро). Эти водоемы находятся на разной стадии отделения от моря. Кисло-сладкое озеро сообщается с

морем через один каменистый порог. Регулярного притока морских вод в озеро нет, перелив через порог может происходить при совпадении сизигийных приливов с нагонами. В озере на Зеленом мысу еще существует постоянный водообмен с морем, уровень озера испытывает приливно-отливные колебания с амплитудой около 10 см.

В Кисло-сладком озере отобрано два керна льда — один посередине озера (ст. 1, 66°32'52,4"N, 33°08'07,0"E), другой — у порога (ст. 1п, 66°32'53,9"N; 33°08'11,8"E). В озере на Зеленом мысу отобран один керн (ст. 3, 66°31'49,0"N; 33°05'42,4"E). Керна получены с помощью SPIRE-бура с внутренним диаметром 18 см. Каждый керн делили на части согласно визуальной различимой структуре льда. Части керна помещали в отдельные пластиковые емкости, добавляли не менее 1 л профильтрованной через мембранный фильтр (диаметр пор 2 мкм) и стерилизованной морской воды, а затем растапливали при комнатной температуре. Из проб талой воды отбирали подпробы (20–50 мл) для оценки численности пикопланктона и мелких (< 8 мкм) жгутиковых водорослей. Оставшуюся пробу талой воды концентрировали методом обратноточной фильтрации и фиксировали раствором Люголя. Количественный подсчет отдельных размерных фракций водорослей и животных проводили согласно методикам, описанным ранее (Белевич, Ильяш, 2012; Колосова, Ильяш, 2009).

Структура льда. В Кисло-сладком озере на ст. 1 структура льда была следующей: верхние 0–7 см — лед снежного генезиса, 7–15 см мутный лед водного генезиса, 15–42 см — кристаллический лед, 42–52 см — столбчатый лед. Структура льда на границе морем (ст. 1п) была иной: под верхними 0–13 см рыхлого пропитанного водой льда снежного генезиса располагался слой жидкой льдистой массы (3 см), под которым находился слой (16–20 см) рыхлого пропитанного водой мутного льда, далее снова следовал слой жидкой льдистой массы (2 см). Следующие 22–48 см — кристаллический матовый лед, 48–53 см — столбчатый лед.

Состав биоты. Среди криофлоры наибольшим числом видом представлены диатомовые водоросли (50 таксонов), многие из которых являются типичными ледовыми формами (*Entomoneis kjellmanii*, *E. paludosa*, *Fragilariopsis oceanica*, *F. cylindrus*, *Melosira arctica*, *Navicula granii*, *N. pelagica*, *N. vanhoeffenii*, *Nitzschia frigida*, *N. neofrigida*, *N. promare* и др.). Встречены также эвгленовые (4 таксона), зеленые (3 таксона), криптофитовые (3 таксона) водорос-

ли, цианобактерии, динофлагелляты (1 вид), цисты динофлагеллят, споры неидентифицированных водорослей, пикоцианобактерии и пикозукариоты, мелкие неидентифицированные автотрофные жгутиковые. Из криофауны отмечены тинтиниды (*Tintinnopsis beroidea*, *Parafavella denticulata*), коловратки (*Keratella cochlearis*, *Synchaeta hyperborea*), нематоды, копеподы (*Oncaea borealis*, *Tisbe furcata*, *Ectinosoma sp.*), науплии копепода, мелкие неидентифицированные гетеротрофные жгутиковые. Типичными представителями фауны морских льдов являются нематоды, они встречаются в обоих озерах.

Таксономический состав водорослей двух кернов Кисло-сладкого озера достоверно не различался, индекс сходства Шимкевича-Симпсона равнялся 1, тогда как составы криофлоры озер Кисло-сладкого и на Зеленом мысу различались достоверно, индекс сходства равнялся 0,51–0,52. Состав криофауны двух озер достоверно не различался, индекс сходства равнялся 0,50–0,67.

Вертикальное распределение биоты в толще льда. Концентрация водорослей и животных, а также доминирующие (по биомассе) виды различались в отдельных слоях льда (табл. 1).

Наибольшая концентрация криофлоры отмечалась в нижнем слое (протяженность 3–5 см), наименьшая — в верхнем слое льда снежного генезиса. В озере Кисло-сладком концентрация криофлоры возрастала от верхнего к нижнему слою льда, а вот в озере на Зеленом мысу высокая концентрация отмечена также примерно посередине керна (11–22 см). Во всех слоях льда Кисло-сладкого озера по биомассе преобладали криптофитовые водоросли, за исключением слоя 7–15 см на ст. 1, где основной вклад в суммарную биомассу давали диатомеи (преимущественно *Nitzschia neofrigida*). Во льду снежного генезиса (0–7 см) вклад диатомей был такой же, как и криптофитовых водорослей. Следует подчеркнуть, что абсолютная биомасса *N. neofrigida* мало изменялась по слоям льда, и такой высокий вклад диатомей в суммарную биомассу в верхних слоях обусловлен низкими величинами абсолютной биомассы криптофитовых водорослей. Доминирование во льдах криптофитовых водорослей нетипично как для Белого моря, так и для морских арктических льдов в целом. Во всех слоях льда озера на Зеленом мысу преобладали диатомеи, за исключением слоя 22–39 см, где основной вклад в суммарную биомассу давали неидентифицированные автотрофные мелкие жгутиковые водоросли. Доминирующими видами были *Navicula pelagica*, *Ceratoneis closterium* (синоним *Cylindrotheca closterium*). Водоросль *N. pelagica*

Таблица 1. Биомасса (мг С /м³) водорослей (Водор.), гетеротрофных жгутиковых (Гет./ж.), животных (Жив), вклады криптофитовых (Крипт.), диатомовых (Диат.), автотрофных жгутиковых (Авт./ж.) в суммарную биомассу водорослей, вклады коловраток (Коловр.), нематод (Нем.), харпактикоид (Харпакт.) в суммарную биомассу животных в разных слоях льда Кисло-сладкого озера (станции 1 и 1п) и озера на Зеленом мысу (ст. 3).

	Слой льда, см	Водор.	Вклады, %			Гет./ж.	Жив.	Вклады, %		
			Крипт.	Диат.	Авт./ж.			Коловр.	Нем.	Харпакт.
Ст. 1	0–7	34	39	38	15	5,5	36,3	98		
	7–15	29	22	47	3	0,0	15,3	99		
	15–42	154	90	6	2	8,8	37,4	98		
	42–52	222	94	5	1	24,4	33,1	100		
	мг С/м²	69				5,4	17,2			
Ст. 1п	0–13	35	67	20	6	3,2	16,8	97	0	3
	16–20	46	47	12	40	152,5	2,5	37	16	46
	22–48	65	99	0	1	15,7	0,5	36	12	49
	48–53	122	97	2	0	104,1	0,9	30	70	0
	мг С/м²	73				15,9	2,5			
Ст. 3	0–8	25	19,1	53	10,6	6	0,2	24	76	0
	8–11	220	0,5	95	0,5	2	0,7	25	0	67
	11–22	533	0,3	97	1,4	1	5,2	24	0	57
	22–39	86	8,8	40	48,2	40	0,8	38	59	0
	39–41	502	0,9	96	1,8	6	19,1	5	7	88
	мг С/м²	92				7,60	1,1			

давала наибольший вклад в суммарную биомассу в нижнем слое льда (53%), а *C. closterium* — в слое 11–22 см (51%). Значимый вклад криптофитовых водорослей (19%) отмечен во льду снежного генезиса. Интегральная биомасса криофлоры в толще льда под 1 м² в озере на Зеленом мысу была больше, чем в Кисло-сладком озере при том, что толщина льда была меньше.

Распределение в толще льда гетеротрофных жгутиковых отличалось от такового криофлоры. В Кисло-сладком озере их наибольшая концентрация была приурочена к нижнему слою льда (ст. 1), либо к среднему слою 16–20 см (ст. 1п). В озере на Зеленом мысу наибольшая концентрация отмечена в кристаллическом льду (22–39 см). Видовой состав гетеротрофных жгутиковых нами определен не был. Согласно опубликованным данным в арктических льдах наибольшего обилия достигают представители церкозоя, в частности простейшие рода *Cryothecomonas* (Comeau et al., 2012). Наибольшая интегральная биомасса в толще льда гетеротрофных жгутиковых выявлена в Кисло-сладком озере на ст. 1п.

Наибольшая концентрация криофауны на разных станциях отмечена в разных слоях льда: в верхнем слое на ст. 1п, в среднем слое (15–42 см) на ст. 1, в нижнем слое на ст. 3. В Кисло-сладком озере на ст. 1 криофауна была представлена исключительно коловраткой *Synchaeta hyperborea*, тогда как у порога в средних слоях льда доминировали харпактикоиды, а в нижнем пористом слое – нематоды.

В озере на Зеленом мысу нематоды преобладали в поверхностном слое и слое 22–39 см. В середине керна (8–22 см) доминировали харпактикоиды, а нематоды вообще не встречались. Следует отметить тот факт, что в подледной воде Кисло-сладкого озера на ст. 1п были обнаружены нематоды. Ранее в зимне-весенний период при наличии ледового покрова в воде нематоды не встречались (Колосова, Ильяш, 2009; Сажин и др., 2012). Наибольшая интегральная биомасса криофауны в толще льда выявлена в Кисло-сладком озере на ст. 1.

Интегральная биомасса криофлоры отделяющихся водоемов была выше, чем во льдах пролива Великая Салма, Ермолинской и Ругозерской губах. Биомасса гетеротрофных жгутиковых была на один – два порядка меньше, чем в Ермолинской губе, но равна таковой в проливе и Ругозерской губе. Биомасса криофауны в центре Кисло-сладкого озера (ст. 1) была выше, чем в проливе, Ермолинской и Ругозерской губах.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-04-00477-а.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОСЕЛЕНИЯ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *ARCTICA ISLANDICA* (L. 1767) В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ (БЕЛОЕ МОРЕ) — РЕЗУЛЬТАТЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А.И. Исаченко¹, Я.Е. Губанова², А.А. Шматков², М.Ю. Токарев²,
В.О. Мокиевский³

Биологический ф-т, Геологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Плотное поселение моллюска *Arctica islandica* в окрестностях о. Высокий, Ругозерская губа (Кандалакшский залив, Белое море) было впервые описано во время бентосных съемок в 1953 г. и 1959 г. (Броцкая и др., 1963) и было охарактеризовано как поселение с высокой плотностью *Cyprina islandica* (= *A. islandica*). Однако не было сделано достоверного картографирования поселения и не была проведена какая-либо его количественная оценка.

Двустворчатый моллюск *A. islandica* является доминирующим видом на полигоне, а его распределение характеризуется высокой мозаичностью показателей численности и биомассы, обусловленной неоднородностью осадков, представленных различными по составу илами, грубообломочным материалом и отдельно стоящими валунами. Неоднородность распределения донных осадков определяется современными условиями осадконакопления: рельефом дна, гидродинамикой и геологическим строением Ругозерской губы.

Мозаичное распределение вида затрудняет выбор точек отбора проб для достоверного описания количественных показателей поселения моллюска. Точность оценки распределения биомассы и плотности доминирующего вида зависит от количества отобранных проб и характера размещения вида на исследуемой акватории.

Для более корректной оценки количественных показателей распределения вида на полигоне был применен комплексный подход, при котором традиционные методы исследования донных сообществ (количественный пробоотбор) применялись одновременно с использованием дистанционных: фото- и видеосъемки, гидролокации бокового обзора. Последний использовался для распределения полученной точечной информации о биологических параметрах на площадь.

Качественное отличие предлагаемого подхода заключается в том, что он позволяет находить более тонкие отличия в мозаике

распределения биотопов, и соответственно отмечать разность на визуально однородных участках грунта.

Для изучения характера распределения донных осадков и батиметрии дна в 2010 г. была произведена геофизическая съемка с использованием гидролокатора бокового обзора «Гидра», по результатам которой была сделана достоверная высоко детализированная реконструкция дна полигона. Результаты этих исследований были использованы для планирования бентосных съемок.

Биологические пробы отбирали в 2009–2011 гг. при помощи дночерпателя «Океан», имеющего площадь захвата 0,1 м². Всего было отобрано 106 проб с 35 станций.

В ходе работ фотосъемка для изучения распределения моллюска и описания фауны отдельно стоящих валунов была использована.

Для описания ландшафтов и верификации результатов комплексной интерпретации данных проводили подводную видеосъемку (с использованием дистанционно-управляемого аппарата (ROV — Remote Operated Vehicle) «ГНОМ Стандарт»).

В результате отбора проб был описан видовой состав макробентоса мягких грунтов, даны количественные описания распределения доминирующего вида. Исследуемый полигон целиком занят сообществом *A. islandica*. Из субдоминантных видов на станциях отмечены многостинковые черви *Micronephthys minuta*, *Terebellides stroemi*, *Scoloplos* sp. и *Alitta virens*. В сообществе макрозообентоса отмечено 45 таксонов беспозвоночных животных. Средняя биомасса в пробах составила 410 ± 452 г/м², средняя биомасса на станциях, где встречалась *A. islandica* — 488 ± 456 г/м², а ее вклад — более 90%

Полученные при помощи традиционного пробоотбора данные характеризуют только макробентос мягких грунтов. При этом макробентос, ассоциированный с каменистыми участками дна, не попадает в пробы. Кроме того, полученные при помощи пробоотбора данные практически не характеризуют видовой состав и численность крупных редких или подвижных видов. Применение видеонаблюдения показало, что при описании сообществ макробентоса на полигоне с помощью дночерпателя из списка видов полностью или почти полностью выпали такие

виды как *Asterias rubens*, *Styela rustica*, *Buccinum sp.*, *Metridium senile*, *Amphitrite figulis* и др.

Результаты геофизических исследований позволили выявить контуры однородных элементов подводного ландшафта.

На исследуемом полигоне можно выделить три типа подводного рельефа: банки (подводные возвышенности, с выходами моренных отложений или с вершинами, перекрытыми мощным слоем современных осадков), равнины и понижения в рельефе (депрессии).

Совмещение этих данных с результатами пробоотбора и подводной фото- и видеосъемки позволили охарактеризовать биологические сообщества, распространенные на каждом из типов подводного ландшафта.

Комплексный анализ данных дистанционного пробоотбора и фото- и видеоматериалов, полученных в ходе водолазных погружений, дает возможность более полно описать видовой состав и характер распределения представителей зообентоса.

Отработана методика применения гидролокации бокового обзора для картографирования распределения двусторчатого моллюска *A. islandica* на однородном участке дна у о. Высокий. Алгоритм анализа сигнала ГЛБО позволяет предсказывать распределение вида *A. islandica* по трем категориям и выявлять зоны с отсутствием моллюска, средними биомассами (до 1400 г/м²) и зонами с максимальным обилием (более 1800 г/м²). При помощи разработанного метода была построена карта распределения донных сообществ на исследуемом полигоне, были нанесены на карту ландшафтные выделы и даны характеристики состава макробентоса и типа грунтов каждого из этих районов.

СВЕТАЯЩИЕСЯ БАКТЕРИИ БЕЛОГО МОРЯ

А.Д. Исмаилов, В.В. Куц, К.А. Аленина, Л.Э. Алескерова,
Т.А. Вахрамеева, М.М. Мажуль

Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

Светящиеся бактерии обладают характерным географическим и сезонным распределением видов в акваториях морей и океанов. Видовой состав коррелирует с температурным режимом среды обитания. Показана прямая связь между глубиной, температурным

градиентом и таксономической композицией видов фотобактерий. Исходя из имеющихся данных по контролю ростовых и эмиссионных параметров у разных видов фотобактерий температурным фактором среды обитания, можно было ожидать проявления штаммов с высокоэффективной и длительной генерацией света в акваториях с низкой среднегодовой температурой. Северные моря Евразийского континента, как среда обитания фотобактерий, практически не исследованы. Информация о светящихся бактериях Белого моря до 2000 г отсутствовала. Представленная работа впервые характеризуют специфические адаптационные, физиологические и энергетические свойства светящихся бактерий Белого моря.

За период 2002–2010 гг. (июнь — сентябрь) из прибрежной зоны Кандалакшского залива Белого моря выделены фотобактерии из внутренних органов рыб. Установлено, что независимо от объекта-хозяина и органа выделения все обнаруженные фотобактерии относятся к психрофильному виду *Photobacterium phosphoreum*. В то же время ряд физиологических и эмиссионных параметров существенно отличают фотобактерии Белого моря от известных штаммов того же вида, выделенных из глубин океанов или Северного моря. Низкотемпературные штаммы фотобактерий из Белого моря характеризуются высокосопряженной люминесцентной электронтранспортной системой, что проявляется в большей длительности и интенсивности свечения клетки, чем у мезофильных штаммов.

Совокупность накопленного материала по культивированию изолированных психрофильных штаммов фотобактерий позволяет выделить в контроле роста и свечения доминирующие физиологические элементы. В первую очередь к ним относятся восстановительный потенциал клетки, сопряженность цепи переноса электронов на люциферазу, пул АТР, тип эмиттеров, а также процесс формирования альдегидного субстрата люциферазы. Следствием комплексного контроля является люминесцентный цикл, параметры которого специфичны для каждого вида бактерий. Представлены результаты детального анализа кинетики роста, свечения, изменения pH среды и пула АТР при глубинном культивировании, а также спектральные параметры свечения, температурная, pH и солевая зависимость свечения беломорского штамма *Photobacterium phosphoreum* (КМ МГУ № 331), выделенного из кишечника рыбы *Mioxocephalus scorpius*.

Спектр биолюминесценции клеток выделенного штамма, снятый при 15°C, характеризуется относительно широким максимумом при 476–480 нм и плечами (сглаженные пики) при ~510 нм и ~540 нм. Наблюдаемая спектральная картина логично соответствует доминирующему функционированию у бактерий в относительно низких температурных условиях люциферазного (Lux) и люмазинового (LP) излучателей света. Плечо при 540 нм свидетельствует о наличии у данного штамма т.н. YFP- белкового эмиттера, обычно характерного только для бактерий *Vibrio fischeri* Y-1. При этом эффективность генерации фотонов люмазиновым (475 нм) и флавин-люциферазным (495 нм) излучателями у данного вида бактерий соизмерима, что определяет перекрывающуюся спектральную картину в области максимума, вклад YFP (530 нм) в общую светосумму незначителен.

Исследуемый штамм отличается эффективным ростом при длительной эмиссии при 4°C, скорость роста на агаризованной среде как минимум в 3 раза выше, чем у известных штаммов того же вида (шт. 11040 ATCC), продолжительность свечения колоний до 1 месяца.

При культивировании бактерий при 20°C логарифмическая фаза роста 20–24 час., стационарная фаза свыше 100 час. Удельная люминесцентная активность в глубинной культуре достигает 10^5 квант/с.кл. Эмиссионная активность практически не изменяется в логарифмической фазе роста бактерий, что свидетельствует об отсутствии аутоиндукции в процессе синтеза люциферазы *de novo*. Установлена повышенная длительность и стабильность свечения при температуре, не превышающей 20°C. За 120 часов культивирования при этой температуре эмиссионная активность снижается не более чем на 1 порядок.

Известна критическая роль в стабильности и длительности свечения сдвига pH среды кислыми продуктами метаболизма в процессе роста биомассы. Автокаталитическое подкисление среды подавляет эмиссионную активность. При культивировании данного штамма в стандартной богатой среде с пептоном, дрожжевым экстрактом и глицерином в качестве источника энергии и углерода, при начальных значениях pH = 7,5 сдвиг pH в кислую область за весь временной период роста незначителен — с 7,5 до 7,2 ед. pH, все изменения pH происходят в логарифмической фазе роста. Очевидно, что относительная стабильность pH среды служит важным элементом длительности свечения растущей культуры.

Анализ температурной зависимости свечения интактных клеток отразил специфический для психрофильных штаммов температурный профиль свечения с максимумом при 15–17°C. Потеря свечения после 30 мин инкубации при температурах выше 25°C носит необратимый характер, на что указывают эксперименты по обратному сканированию от высоких к низким температурам. Высокий уровень свечения, не менее 20% от максимального, сохраняется при 4°C.

Установлена выраженная алкалотолерантность люминесценции с широким диапазоном максимальной активности (pH 7,0–8,5). Резкое снижение люминесценции клеток происходит при pH ниже 6,5 и выше 9,0.

Анализ солевой зависимости показал, что свечение интактных клеток возможно при 0,5–4% концентрации NaCl. Максимальный уровень эмиссии в узком диапазоне при 2,5%. Солевой оптимум свечения соответствует пониженной солености Белого моря.

Особое значение для эмиссионного процесса имеет пул АТР, который служит интегральным индикатором темновых и световых реакций. Удельное содержание АТР в психрофильных фотобактериях ($0,2\text{--}1,0 \times 10^{-18}$ моль/кл.) не изменяется в течение всего времени (более 100 часов) в глубинной культуре и покоящихся клетках.

Совокупность полученных результатов свидетельствует об адаптации метаболизма светящихся бактерий к физико-химическим условиям среды обитания. Адаптационные признаки проявляются в ростовых и, что более важно, люминесцентных характеристиках бактерий. Существенно, что пониженные температуры среды повышают эффективность трансформации энергии биолюминесцентной системой. Наиболее вероятными процессами, на которые оказывает воздействие температура, являются сопряженность системы переноса электронов на люциферазу, определяющая величину темновых утечек электронов, или повышение конформационной «жесткости» субъединичного комплекса люциферазы. Принципиально, что в психрофильных фотобактериях присутствуют не только специфические для *P. phosphoreum*, «зеленый» (люциферазный), и «голубой» (LP) типы эмиттеров, но и характерный для *V. fischeri* Y-1 «желтый» (YFP) эмиттер. Можно полагать, что спектральная область биолюминесценции разных видов фотобактерий определяется доминированием в излучательном процессе одного определенного типа эмиттера. Это может

быть обусловлено как количественным содержанием люмазинового и флавинового хромофоров в клетке, так и разными константами диссоциации белок-хромофорного комплекса. Последний вариант объясняет температурное влияние на спектральный сдвиг свечения, с понижением температуры среды обитания фотобактерий спектральный максимум свечения сдвигается в коротковолновую область. Соответственно в акваториях с низкой среднегодовой температурой, менее 15°C, можно предполагать доминирующее присутствие в качестве эндосимбионтов фотобактерий с «голубым» свечением, относящихся к виду *Photobacterium phosphoreum*.

Светящиеся бактерии широко используются в качестве биосенсоров в биомониторинге токсикантов. Биолюминесценция отражает реакцию клетки на химические соединения с цитотоксичным и (или) генотоксичным действием, в т.ч. тяжелым металлам, алифатическим и ароматическим углеводородам, фенолам и ряду других ксенобиотиков. Эмиссионный ответ клетки служит количественным индикатором общей или специфичной токсичности образца. В технологии биодетекции светящиеся бактерии применяются как в свободном, так и в иммобилизованном виде.

Выделенные из акватории Белого моря штаммы были использованы для получения люминесцентных токсикологических биосенсоров. Разработаны и оптимизированы технологические операции иммобилизации психрофильных фотобактерий в криогеле поливинилового спирта. Выживаемость клеток психрофильных фотобактерий в ходе процедуры криогенного замораживания/оттаивания практически 100%. Эмиссионная активность фотобактерий в носителе сохранялась на уровне 10^5 фотонов на клетку. Установлена повышенная длительность и стабильность биолуминесцентной реакции иммобилизованных фотобактерий по сравнению со свободными. Определены основные физико-химические элементы стабилизации свечения фотобактерий при криогенной иммобилизации фотобактерий, хранении и применении препаратов. Иммобилизованные психрофильные фотобактерии эффективно использованы в дискретном и непрерывном биомониторинге экотоксикантов в режиме реального времени.

СТРОЕНИЕ ВЕРХУШКИ РОСТА СТОЛОНА КОЛОНИАЛЬНОГО ГИДРОИДА *GONOTHYRAEA LOVENI* (ALLMAN 1859)

В.В. Кожара, Н.Н. Марфенин

Каф. зоологии беспозвоночных Биологического ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова

Введение и цели исследования

Верхушки роста столон в колонии у гидроидов до сих пор мало изучены, хотя представляют специализированную часть ценосарка, с которой связан рост стелющейся по субстрату части колонии (гидроризы) и образование побегов. Ранее было установлено, что верхушки роста пульсируют с определенным периодом. За счет пульсаций верхушки продвигаются вперед внутри выделяемого им внешнего скелета — трубки перисарка. Участок ценосарка непосредственно за верхушкой столона растягивается по мере ее продвижения. Это область удлинения ценосарка. На дорзальной (обращенной от субстрата) стороне верхушки роста периодически закладываются верхушки роста побегов. Можно предполагать, что верхушка роста структурирована, что в ней имеется несколько областей, различающихся по форме и клеточному строению или соотношению клеток.

В данном сообщении приведены первые результаты изучения тонкого строения верхушки роста столон у колониального гидроида *Gonothyræa loveni* (Allman 1859) (семейство Campanulæidae).

Методы исследования

Для исследования мы использовали колонии *G. loveni*, выращенные из изолированных побегов колоний, собранных в море. По мере роста экспериментальных колоний, проводилось их регулярное картирование. Колонии содержали в лабораторном аквариуме с температурой воды 16–18°C и дозированно кормили науплиями *Artemia*. Колонии, образовавшие несколько побегов (не считая первичного), спустя определенное время после кормления (3; 6 и 24 час.) фиксировали жидкостью Буэна (для световой микроскопии), либо раствором глутаральдегида на буфере Миллонинга (для трансмиссионной электронной микроскопии). Из фиксированного материала изготавливались полутонкие (1 мкм, для световой микроскопии) и ультратонкие (50 нм, для электронной микроскопии) срезы.

Результаты

Форма и внешний диаметр ценосарка верхушки роста столона соответствуют таковым для ее перисарка, т.е. 37–56 мкм по вентральной (плоской, обращенной к субстрату) стороне и 35–40 мкм по перпендикуляру к вентральной стороне.

Протяженность верхушки роста зависит от активности роста данного столона. В среднем длина верхушки около 300 мкм, но при активном росте может достигать 500 мкм, а при остановке роста уменьшается до 10 мкм. Пока субапикальная часть верхушки роста остается прилегающей к перисарку, можно считать, что верхушка существует, хотя и не способна к функционированию ни в качестве органа, строящего перисаркальную трубку, ни в качестве зачатка дифференцирующей структуры. При увеличении рациона протяженность уменьшившейся до предела верхушки роста возрастает, и она полностью восстанавливается.

Эпидермальный слой клеток верхушки роста по бокам толще, чем на вентральной и дорзальной сторонах где он мало отличается по толщине от эпидермы вне верхушки роста. Кроме того, апикальная часть верхушки роста, образующая у растущей верхушки полусферу, толще, т.к. состоит из вытянутых (высоких) эпителиально-мускульных клеток (ЭМК). ЭМК эпидермы верхушки роста имеют выраженный наклон в сторону апекса. Этот наклон постепенно ослабевает по мере удаления от апекса и на проксимальной границе верхушки роста (в месте отхождения ценосарка от перисарка) ЭМК располагаются уже перпендикулярно базальной мембране. По всей эпидерме ВР встречаются железистые, стрекательные и интерстициальные клетки, которые расположены между ЭМК и не прикреплены к базальной мембране. На световом уровне обнаруживается два четко различимых типа железистых клеток: крупные с опалесцентным содержимым (вероятно, выделяющие хитин) и мелкие с оптически плотным содержимым. Малые интерстициальные клетки в эпидерме верхушки роста располагаются одиночно и частота их встречаемости несколько возрастает по мере удаления от апекса.

Гастральный слой клеток верхушки роста подразделяется по ее оси на две последовательные части примерно равной длины: заднюю или постериорную (150–200 мкм) и переднюю, дистальную или anteriорную (примерно 150 мкм), ясно различающиеся между

собой по толщине: гастродерма постериорной части толщиной 6–7 мкм, в anteriорной 9–10 мкм. В постериорной части ЭМК кубовидной формы, т.е. примерно одинаковы по высоте и ширине. Ядро расположено в центральной части клетки. Цитоплазма плотная, часто с включениями — перевариваемыми частицами пищи. В anteriорной части ЭМК гастродермы сильно вакуолизированы. В них обычно не бывает пищевых частиц. Ни железистых, ни стрекательных клеток здесь не отмечено.

Данные по количеству железистых и интерстициальных клеток, а также нематобластов в эпидерме верхушки роста столона представлены в табл. 1. Находки каких-либо клеток, кроме эпителиально-мускульных в гастродерме верхушки роста столона единичны.

Таблица 1. Общее количество железистых клеток, малых интерстициальных клеток и нематобластов, обнаруженных на 27 исследованных срезах верхушки роста, сделанных через каждые 15 мкм длины верхушки.

Тип клетки	Дорзолатеральный сектор эпидермы		Вентральный сектор эпидермы	
	Дистальная часть верхушки (0–150 мкм)	Проксимальная часть верхушки (150–390 мкм)	Дистальная часть верхушки (0–150 мкм)	Проксимальная часть верхушки (150–390 мкм)
Железистые с опалесцентным содержимым	46	87	27	13
Железистые с оптически плотным содержимым	0	6	0	0
Нематобласты	7	25	7	3
Малые интерстициальные	0	50	2	3

Из таблицы видно, что дистальная часть эпидермы верхушки роста по дорзолатеральному сектору содержит меньше железистых клеток и нематобластов, чем проксимальная и совсем не со-

держит интерстициальных клеток. В вентральном секторе эпидермы железистые клетки и нематобласты наоборот, сосредоточены в дистальной части верхушки. В вентральном секторе эпидермы верхушки роста имеются интерстициальные клетки, относительно равномерно распределенные вдоль оси верхушки.

Верхушке роста столона предшествует субтерминальная область ценосарка, отличающаяся по форме и функциональным возможностям как от ВР, так и от ценосарка последующих (сформированных раньше) междоузлий столона. Клетки эпидермы на границе с ВР периодически приходят в контакт с перисарком и вытягиваются. Между ЭМК мигрируют железистые клетки и нематоциты. В этой области уже существенно больше интерстициальных клеток, чем в самой ВР, здесь они встречаются группами по 2–4. Гастродерма представлена слоем плотно прилегающих друг к другу поляризованных ЭМК.

Выводы

Наши результаты показывают явную неоднородность ультраструктуры ценосарка верхушки роста столона. Эта структурная неоднородность подразумевает различие функций, выполняемых разными частями верхушки роста, однако более полное представление о функциональной неоднородности верхушки может быть получено только после изучения ультраструктуры других отделов колонии.

Авторы выражают благодарность д.б.н. Бисеровой Наталье Михайловне, к.б.н. Косевичу Игорю Арнольдовичу, к.б.н. Петруниной Александре Сергеевне за методическую помощь при выполнении данного исследования.

Исследование поддержано грантом: РФФИ № 11-04-00994-а.

НА ДАЛЕКОЙ Виллафранке...

Н.Н. Колотилова

Каф. микробиологии, Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

История Русской зоологической станции в Виллафранке (Villefranche-sur-Mer) — одна из ярких и драматических страниц в истории отечественных биостанций. С ее деятельностью связаны имена многих крупных русских ученых: А.О. Ковалевского и И.И. Мечникова, Н.П. Вагнера, Ю.Н. Вагнера, Н.М. Воскрессенского, А.Г. Гуревича, К.Н. Давыдова, М.М. Давыдова, В.В. За-

ленского, Н.А. Иванцова, Н.К. Кольцова, А.А. Коротнева, Г.А. Левитского, В.Н. Львова, М.А. Мензбира, С.И. Метальникова, А.К. Мордвилко, М.М. Новикова, Н.В. Насонова, А.Д. Некрасова, А.А. Остроумова, М.Н. Римского-Корсакова, А.Н. Северцова, К.К. Сент-Илера, Б.В. Сукачева, П.П. Сушкина, Д.К. Третьякова, К. Фогта, С.С. Чахотина, В.М. Шимкевича и др. Нужно оговориться, что настоящий доклад не является самостоятельным историческим исследованием, а лишь представляет попытку напомнить об истории и судьбе станции на основе опубликованных в последние годы материалов (Новиков, 2009; Раменский, 2012; Ульянкина, 2012; Дорошенко, 1995; Фокин, 2006; Нечаев, 2010, и др.).

Наиболее интересным представляется рассказ «очевидца», видного русского биолога и общественного деятеля, профессора и ректора Московского университета Михаила Михайловича Новикова (1876–1965). Он подчеркивает значение станции на берегу Средиземного моря, отмечая, что две российские морские биостанции, Мурманская и Черноморская, имели определенные неудобства: Мурманская в связи с тяжелыми для жизни климатическими условиями, а Севастопольская — относительной бедностью фауны, вследствие сероводородного слоя в Черном море.

Русская биологическая станция в Виллафранке была основана в 1886г. Алексеем Алексеевичем Коротневым (1854–1915), известным зоологом, выпускником Московского университета, впоследствии профессором университета им. Св. Владимира в Киеве (1887). Его научные работы были связаны с изучением эмбрионального развития и гистологии кишечнорастных, мшанок, насекомых. Страстный собиратель морских животных, он участвовал в экспедициях на острова Индийского и Тихого океанов (1885–1890), неоднократно работал на знаменитой Неаполитанской станции, много путешествовал по побережью Средиземного моря, где в Виллафранкской бухте вблизи Ниццы был поражен обилием и богатством планктона. «Коротнев разыскал на окраине города Villefranche пустовавшее здание столетней давности, которое раньше было тюрьмой, затем угольным складом, и, наконец, совершенно заброшено, — писал М.М. Новиков. — Он выхлопотал у французского правительства право занять это здание под русскую зоологическую станцию. В конце концов, здание было предоставлено русскому правительству на 99 лет». В течение двух лет (1884–1886) угольный склад был превращен в научное учреждение с большими аквариумами, лабораториями, музеем, библиотекой.

Новая научная станция быстро завоевала симпатии русских и иностранных биологов. Необходимо добавить, что русская военноморская база, расположенная в Виллафранкской бухте, оказывала биостанции значительное содействие.

В жизни крупнейшего русского биолога Николая Константиновича Кольцова (1872–1940), неоднократно приезжавшего в Виллафранку на рубеже XIX–XX веков, работа на биостанции имела большое значение в плане знакомства с иностранными биологами и становления идей экспериментальной биологии: «Особенно дружная молодая группа у нас составила весной 1899 г. в Виллафранке <...> Приехали студенты из Гейдельбергской лаборатории О. Бючли и Мюнхенские ученики Р. Гертвига. Среди них были Рихард Гольдшмидт и Макс Гартман, в настоящее время крупнейшие биологи Германии, и кое-кто из русских. К этой группе присоединился заместитель директора станции М.М. Давыдов. <...> Много говорили о науке и о своих планах. <...> Мы хотели посвятить свою жизнь изучению организации клетки, сравнительной и экспериментальной цитологии. Нам казалось, что эта большая проблема может нас объединить, и мы распределяли между собой участие в ее разработке, рассчитывая каждый работать у себя на родине, а весной съезжаться около моря на станции, чтобы собирать материал. Я даже думал одно время навсегда остаться на Виллафранкской зоологической станции, чтобы не отрываться от моря». В 1900 г. Кольцов и его немецкие друзья задумали создать в Виллафранке Международный институт экспериментальной биологии, изучающий живую клетку. «Станция должна была явиться для нас центром, где мы могли бы получить необходимый материал, обработать который мы могли бы в других учреждениях по месту службы. Наши исследования должны были опубликовываться от имени Станции в издании «Экспериментальная морфология клетки», — вспоминал позднее Кольцов. Идея была для того времени еще слишком нова, проект не осуществился. Однако, «наша тройка — Гольдшмидт, Гартман и я — осталась верной планам нашей молодости». В 1902 г. Кольцов продолжает работу на биостанции: «Я опять уехал к морю, в Виллафранку и Неаполь. Но я не скоро попал на тему, которая меня удовлетворяла» (цит. по: Раменский, 2012).

В первые десятилетия XX в. в Виллафранке неоднократно бывал Алексей Дмитриевич Некрасов (1874–1960), выпускник, сотрудник, профессор (1919) Московского университета, позднее

профессор Горьковского университета (1928), известный зоолог и эмбриолог, историк науки. Он работал на морских (Неаполь, Сен-Ва, Севастополь) и пресноводных (Болшево) биостанциях, организовал Пустыньскую биостанцию при Горьковском университете (1934). Список «людей Московского университета» в Виллафранке можно продолжить (М.А. Мензбир, Н.В. Насонов, И.И. Пузанов, П.П. Сушкин, А.Н. Северцов, В.С. Шимкевич, С.С. Чахотин).

После смерти А.А. Коротнева (1915) директором Станции стал известный зоолог, профессор М.М. Давыдов (1852–1933), который много лет жил и работал в Виллафранке. Однако в жизни Станции настали тяжелые времена, обусловленные Первой мировой войной и революцией 1917 г. Государственная поддержка и финансирование Станции были прекращены, в результате разрыва отношений между Советской Россией и Францией Станция оказалась в изоляции. В начале 1920х годов попытка спасти станцию была сделана русскими эмигрантами, оказавшимися в Париже и Праге. Был организован Попечительский Комитет Русской зоологической станции в Вильфранш-сюр-Мер (1921), в состав которого вошел крупный палеонтолог Н.И. Андрусов (1861–1924), сотрудники Института Пастера С.И. Метальников (1870–1946) и А.Т. Васильев (1875–1945), геолог и почвовед В.К. Агафонов (1863–1955), юрист Е.П. Ковалевский (1965–1941), С.И. Коротнева (вдова А.А. Коротнева). Немного позже к ним присоединился уже упоминавшийся ректор Московского университета М.М. Новиков, высланный из России на печально знаменитом «профессорском пароходе» (1922). В 1924 г. он стал председателем Комитета и осуществлял энергичную организационную деятельность по поддержке биостанции. Большую помощь оказали Станции чешские ученые. Однако надежды на возрождение Русской станции неожиданно рухнули. В результате неблагоприятных отдельных переговоров одного из сотрудников она была передана Парижскому университету. В настоящее время станция принадлежит Франции.

ФОРМИРОВАНИЕ СЕРОВОДОРОДНОГО ЗАРАЖЕНИЯ
ОТШНУРОВЫВАЮЩИХСЯ ОТ МОРЯ ОЗЕР (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ
БЕЛОГО МОРЯ)

Н.М. Кокрятская¹, Е.Д. Краснова², К.В. Титова¹, Г.Н. Лосюк¹

1 — Ин-т экологических проблем Севера УрО РАН, 2 — Беломорская
биостанция им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова

На Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова в марте и октябре 2012 г. проводились работы по изучению соленых водоемов, которые образуются путем отделения морских заливов от моря. Одной из целей проводимых multidisciplinary исследований являлось изучение особенностей формирования сероводородного заражения отшнуровывающихся от моря озер. На Карельском берегу Белого моря вследствие изостатического подъема берега, начавшегося после отступления последнего ледника и продолжающегося по настоящее время, некоторые заливы постепенно утрачивают морской облик и могут превращаться в солоноватые лагуны, меромиктические водоемы, пресноводные лагуны или соленые марши. В ближайших окрестностях Беломорской биостанции МГУ найдено несколько озер на разных стадиях изоляции, что делает возможным изучение их гидрологической эволюции и сукцессии водных и прибрежных экосистем (Пантюлин, Краснова, 2011). Особый интерес исследованиям придавал тот факт, что в начале зимы 2011–2012 гг. в результате штормового нагона в прибрежные водоемы, практически уже изолированные от моря, попало большое количество морской воды, что привело к существенным изменениям в их гидрологической структуре. Наводнение промыло эти водоемы и вернуло их на более раннюю стадию изоляции, задав новую точку отсчета наблюдений за восстановлением стратификации и формированием в них сероводородного заражения.

В ходе экспедиционных работ было обследовано пять водоемов: озеро Кисло-сладкое (Полупресная лагуна) (N 66°32,868', E 33°08,141'), озеро Трехцветное в Пеккелинской губе (N 66°35,532', E 32°59,970'), лагуна на Зеленом мысу (именуемая «Озером на Зеленом мысу») (N 66°31,800', E 33°05,545'), озера Нижнее Ершовское (N 66°32,284', E 33°3,481') и Верхнее Ершовское (N 66°32'3077", E 33° 2'59,22").

Для химического анализа воду из разных слоев водоема поднимали погружаемым насосом Mini Purger WP 4012. Сероводород определялся по РД 52.24.450-2010 на фотометре Эксперт-003.

В марте 2012 г. в озере Кисло-сладком (Полусоленой лагуне) в поверхностных горизонтах, где вода обычно опреснена, верхний полуметровый слой имел полную морскую соленость 26,2‰. В результате промывки в придонном слое воды существенно уменьшилось содержание сероводорода. Если в предыдущие годы его концентрация могла превышать 16 мг/л (сентябрь 2010 г.), то в марте 2012 г. концентрация H₂S в придонных водах составила всего 24 мкг/л. В результате Кисло-сладкое озеро стало наименее зараженным сероводородом из всей обследованной группы озер на период зимнего исследования. Однако уже к октябрю присутствие сероводорода зафиксировано в микроколичествах (5,6–10,6 мкг/л) в пределах всей водной толщи, а в придонных слоях воды оно достигло прежнего уровня, составляя 20 мг/л.

Озеро Трехцветное — небольшой водоем в вершине Пеккелинской губы, названный так из-за выделенной летом структуры из трех слоев разного цвета: верхний — желтый от гуминовых веществ, средний — насыщенно красный и придонный — изумрудно-зеленый. На основании летних наблюдений этот водоем считался полностью отделившимся от моря, причем верхние два метра воды в нем были совершенно пресными. В марте 2012 г. пресного слоя не оказалось; вместо него на поверхности располагался слой воды толщиной 1 м с соленостью около 5‰, температурой — 0,3° и высоким содержанием сероводорода — 33 мг/л. На глубине 1,5–2 м соленость резко увеличивалась до 12,7–17,3‰, составляя в придонных горизонтах 21,6–21,9‰; содержание сероводорода также возрастало по мере углубления, достигая в полуметровом придонном слое 170 мг/л. За прошедшие со времени зимней экспедиции полгода характер распределения сероводорода по столбу воды практически не изменился. В результате ветрового перемешивания количество сероводорода в метровом поверхностном слое стало существенно ниже и составило только 0,37 мг/л. Однако, можно отметить, что общий уровень сероводородного заражения водоема даже несколько повысился — содержание его в слое воды ниже четырех метров и до дна оставалось практически постоянным, составляя в среднем 240 мг/л (165–278 мг/л).

Наименьшие изменения после «осенней промывки» испытала соленая лагуна на Зеленом мысу. Этим водоемом все еще сохраняют

постоянный водообмен с морем, и его уровень испытывает небольшие приливно-отливные колебания с амплитудой около 10 см. Поскольку это озеро не имеет притоков, в летнее время даже у поверхности вода в нем остается соленой, а ниже горизонта 1,5–2,0 м залегает водная масса с соленостью 27–29‰. В марте 2012 г. вода с соленостью 28,8‰ заполняла это озеро целиком. Сероводород фиксировался в этом водоеме, начиная с глубины 1 м (105 мкг/л). По мере развития анаэробных условий количество его монотонно возрастало до 200 мкг/л в придонных слоях воды. В октябре при общем значительном уменьшении концентрации сероводорода в толще озерной воды — до горизонта 4 м она не превышала 7,5 мкг/л, содержание его в придонных слоях резко возрастало до 12,6 мг/л на глубине 5 м, а затем и до 28,7 мг/л в придонных водах (5,5 м).

В Нижнем Ершовском озере, которое летом представляет собой пресноводное озеро, и лишь в самых глубоких донных ямах находится небольшое количество солоноватой воды (8,9‰), в марте даже возле поверхности вода оказалась осолоненной до 1,9‰, а на глубине 1 м уже имела соленость 16‰. В нижних горизонтах воды этого озера (с соленостью 16‰) зафиксированы высокие значения содержания сероводорода — 7,5–8,0 мг/л, при том, что в пресных подледных слоях воды он практически отсутствовал (0,8 мкг/л). За последовавшие полгода, к октябрю, озеро практически вернулось к исходному пресноводному состоянию — осолонение до 10–12‰ отмечено только в его глубинных водах. Сероводород в пресных водах (до глубины 1,5 м) практически отсутствовал — его содержание не превышало 6,3 мкг/л; однако в придонных горизонтах количество его все еще оставалось значительным, составляя на глубине 2 м 790 мкг/л, а у самого дна (2,5 м) достигало даже 3,69 мг/л.

Для пятого озера, Верхнего Ершовского, исследования выполнены только в зимний период. В это время оно оказалось полностью пресным, как и ранее летом. Концентрация H_2S в его водах была невелика и монотонно увеличивалась по мере погружения от 22 мкг/л в поверхностных водах до 55 мкг/л на глубине 1,5 м, а затем резко возрастала в придонном полуметровом слое воды до 170 мкг/л.

Таким образом, исследования, выполненные в полугодовой дискретностью, позволили выявить некоторые особенности формирования сероводородного заражения отделяющихся от Белого

моря озер после катастрофической промывки их морской водой в начале зимы 2011–2012 гг. Для всех обследованных озер, как в марте, так и в октябре отмечено развитие анаэробных условий по мере приближения к придонным горизонтам воды вплоть до полного исчерпания кислорода. Здесь же — в придонных горизонтах, определены и максимальные для каждого озера концентрации сероводорода.

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ БЕЛОГО МОРЯ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ

В.В. Колька, О.П. Корсакова
Геологический ин-т КНЦ РАН

Изучение гляциоизостатического поднятия территории российской части Фенноскандинавского щита ведется с конца XIX в. (Ramsay, 1898). В советское время в разных частях побережий региона для этих целей были исследованы древние береговые образования и построены принципиально различающиеся схемы изобаз позднеледниковых и голоценовых поднятий земной коры (Лаврова, 1960, Кошечкин, 1979). Согласно исследованиям В. Рамзая (Ramsay, 1898) и М.А. Лавровой (Лаврова, 1960) северо-восток Фенноскандинавского щита испытывал куполообразное воздымание с наибольшими скоростями поднятия в западной части региона. По данным Б.И. Кошечкина (Кошечкин, 1979), поднятие носило блоковый характер с примерно одинаковыми скоростями на всей территории Кольского полуострова. Точность этих реконструкций была ограничена тем, что датирование древних береговых образований (береговые валы, террасы), отражающих положение уровня моря, очень редко могло быть выполнено непосредственно для этих геоморфологических объектов. Кроме того без точного датирования затруднена, и часто невозможна, морфологическая корреляция древних береговых линий в разных частях побережья. Получение более достоверных данных об относительном перемещении уровня моря стало возможным после внедрения нового метода исследования и датирования осадков в современных озерных котловинах, которые сначала заливались морем, а затем вследствие поднятия континента были изолированы от него (Donner et al., 1977). Существуют многочисленные работы для районов, прилегающих к центру и западной периферии Скандинавского ледника,

выполненные с применением этого метода скандинавскими исследователями (например Kaland, 1984; Svendsen, Mangerud, 1987; Berglund, 2004; Lohne et al., 2007 и др.). На территории российской части Фенноскандинавского щита, подобные работы были проведены для побережья Баренцева моря (Snyder et al., 1997; Corner et al., 1991, 2001).

Районы исследования и методика работ. С начала 2000-х годов подробные работы по изучению перемещения береговой линии моря ведутся в бассейне внутреннего Белого моря. Всего на Кольском и Карельском побережье Белого моря подробно изучено семь районов. Это районы, расположенные у пос. Умба и г. Кандалакша на Кольском побережье (Кандалакшский берег), у поселков Лесозаводский и Чула на южном берегу Кандалакшского залива, у пос. Энгозеро, расположенного на границе побережий Кандалакшского залива и Бассейна Белого моря, у пос. Кузема на границе побережья Бассейна белого моря и Онежской губы и у с. Сумский Посад на побережье Онежской губы. Изученные районы различаются, прежде всего, по расположению относительно поясов стадиальных красных образований и по положению относительно тектонически активного Кандалакшского грабена. При проведении работ предполагалось, что такое расположение участков должно наиболее полно отобразить влияние гляциоизостатической, эвстатической и собственно тектонической составляющих на перемещение береговой линии Белого моря, следовательно и на палеогеографию региона.

Изучение донных осадков (ДО) современных озер, расположенных в мелких депрессиях рельефа на отметках ниже верхней морской границы, позволяет детально охарактеризовать геологическую и неотектоническую историю позднего плейстоцена — голоцена, датировать важные рубежи этой истории в определенных районах побережья. Для этого в каждом из названных выше районов на площадках с ограниченной территорией размером в несколько квадратных километров изучались ДО в малых озерах, расположенных на отметках от современного уровня моря до верхней морской границы. Эти озера заполняют котловины фундамента, сложенного архейскими гранитами и гнейсами, перекрытыми мореной или флювиогляциальными осадками. Они в разное время отшнуровались от беломорского морского бассейна. Пороги стока из озер обычно образованы ледниковыми породами, часто

перекрытыми торфом. Высота порогов стока соответствует высоте берега без торфа в месте истока вытекающего из озера ручья. ДО отбирались при помощи поршневого пробоотборника секциями по 1 метру с перекрытием 5–10 см, чтобы избежать пропусков в седиментологической последовательности осадков. Непосредственно в поле проводилось литологическое описание разреза и отбор образцов для микропалеонтологического (диатомового и споропыльцевого анализов) изучения, а также для радиоуглеродного датирования переходной зоны море-озеро.

Для каждого района изучения строился график относительного перемещения береговой линии моря (далее Кривая) в позднем плейстоцене — голоцене. Кривая показывает возраст и высотное положение (относительно современного уровня моря) береговой линии во время смены в данной озерной котловине морских условий седиментации пресноводными.

Основой для построения графиков перемещения линии моря и реконструкции палеогеографических условий исследуемого района в позднеледниковые и голоцене явились пять фациальных разновидностей ДО, отражающих их генетические различия. Они были выделены ранее (Колька и др., 2005) при изучении литологических и микропалеонтологических характеристик в разрезах ДО из озерных котловин, расположенных на склонах депрессии Белого моря:

- осадки фации позднеледникового приледникового озера (I), которые обычно представлены неслоистой, неясно слоистой или ленточной глиной, слоистым разнородным песком;
- осадки фации переходной зоны от пресноводных (приледникового озера) к морским условиям седиментации (II) в виде переслаивания зеленоватого песка или алевроита с коричневым до черного органическим материалом (содержание органики здесь достигает 55%) и чистого алевроита или песка;
- осадки фации, соответствующей морским условиям (III), представленные как минеральным (разнородным песком и алевроитом), так и органическим (отдельные раковины и их фрагменты в алевроито-песчаных осадках) материалом;
- осадки фации переходной зоны от морских к озерным условиям (IV) в виде переслаивания гиттии и алевроита, а также неслоистой, неяснослоистой гиттии или алевроитистой гиттии;

— осадки фации пресноводного озера (V) — черная, темно-коричневая гиттия, иногда в верхних частях присутствуют неразложившиеся растительные остатки.

Полученные результаты исследования. На основе данных комплексного изучения донных осадков участков была установлена история развития Белого моря в позднеледниковье и голоцене. В Беломорской депрессии, начиная с аллереда, функционировал обширный приледниковый пресноводный бассейн. В этом водоеме формировались флювиогляциальные отложения и ленточные глины фации I, установленные в основании разреза осадков в озерах районов Умба, Лесозавод и Чупа. Высотное положение этого перигляциального бассейна отмечено высоко расположенными береговыми образованиями на полуострове Турий (Колька В. и др., в печати). Уровень бассейна, при смещении фронта деградирующего ледника на запад, мог периодически понижаться. Пресные воды перигляциального бассейна, при этом, сбрасывались через порог стока в Горле Белого моря в Северный Ледовитый океан, что, возможно, зафиксировано размывом на границе фации I и фации II в осадках донных отложений в районе пос. Умба (Колька и др., в печати). Исходя из эвстатической кривой (Павлидис, 1992), в это время уровень Мирового океана был ниже порога стока в Горле Белого моря, поэтому морские воды пока не проникали в Бассейн Белого моря. Отложения нижней переходной зоны в районе Умбы датируются 11230 ± 340 ^{14}C -лет и в районе Чупы — 11080 ± 300 ^{14}C лет (Колька и др., 2005). Судя по этим датировкам, начало позднеледниковой морской трансгрессии относится ко второй половине аллереда. Возраст осадков фации II из разреза, расположенного на самых высоких абсолютных отметках в районе пос. Умбы, составил 9940 ± 100 ^{14}C -лет и свидетельствует о том, что позднеледниковая трансгрессия продолжалась вплоть до конца позднего дриаса.

Наличие радиоуглеродных датировок осадков начала и конца позднеледниковой морской трансгрессии позволило оценить ее продолжительность, которая составила в районе пос. Умба не менее 1300 лет, и амплитуду трансгрессии, которая составила не менее 11 м. Однако следует отметить, что пока время максимума позднеледниковой трансгрессии и точное положение верхней морской границы не установлено. По данным датирования осадков фации IV (переходной зоны от морских к современным пресноводным) в изученных районах, установлено, что примерно 10–

9 тыс. ¹⁴Слет назад, уже имела место регрессия береговой линии моря. Дальнейшее развитие регрессии во всех районах исследования фиксируют осадки верхней части переходной зоны (фации IV) во всех озерных котловинах, высота порогов стока из которых и, соответственно, возраст этих осадков последовательно снижаются при приближении к современному уровню моря.

В некоторых озерных котловинах, а именно, в котловинах, расположенных выше 50 м над уровнем современного моря в районе Умбы и на отметках около 70 м в районах Кузема и Энгозеро (Колька и др., 2005, 2012), установлено, что во время реактивации льда при похолодании в позднем дриасе они были блокированы льдом, и седиментация в них прекратилась примерно до конца пребореала. Начиная с пребореала до поздней атлантики (~6000 ^{14}C -лет), здесь развивалась отчетливая неравномерная регрессия, включающая в себя фазы фиксированного положения береговой линии моря или даже периоды незначительного ее подъема. В разрезах практически всех изученных участков такая ситуация привела к формированию мощных (до 25 см) переходных зон, соответствующих фации IV и сложенными переслаиванием алевроита и гиттии, которые накапливались при длительном стоянии уровня моря у порога стока из котловины. По времени такое фиксированное положение уровня Белого моря и незначительный его подъем соответствует трансгрессии Тапес, развивавшейся на севере Европы. В это время скорость гляциозостатического поднятия суши оказалась меньше или соизмеримой со скоростью эвстатического поднятия уровня Мирового океана.

Позже регрессия береговой линии моря продолжалась без значительных задержек, продолжается она и в настоящее время.

Анализ полученных кривых перемещения береговой линии моря и результатов геоморфологического профилирования свидетельствует о неравномерном куполообразном воздымании территории северо-восточной части Фенноскандинавского щита. При этом установленная верхняя морская граница на востоке Кольского полуострова (район устья р. Поной) находится на абсолютных отметках около 1 м над уровнем моря, а на западе (район г. Крестовая в вершине Кандалакшского залива) — на отметках около 140 м н. у. м.

Установлено, что позднеледниковая трансгрессия сменялась голоценовой регрессией моря, которая происходила с различной

скоростью и была вызвана гляциоизостатическим перемещением поверхности суши. В раннем голоцене (10000–80000 ^{14}C -лет назад) скорость регрессии береговой линии моря, или поднятия суши, была наибольшей. В разных районах побережья Белого моря ее значения изменяются от 3 до 10 см в год. В среднем голоцене, во время трансгрессии Тапес в разных районах отмечено замедление регрессии береговой линии моря до 0,3–0,7 см в год, а в некоторых районах установлены длительные (до 500 лет) периоды нахождения уровня моря на одной и той же высоте (Колька и др., 2005, 2012). После трансгрессии Тапес отмечается некоторое увеличение скорости регрессии береговой линии моря примерно до 3 см в год, которое в позднем голоцене сменяется равномерной регрессией со скоростью менее 1 см в год.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 11-05-00791-а).

БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ СООБЩЕСТВ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЛИТОРАЛИ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

Е.Г. Королева¹, В.В. Лебедева², С.Н. Зеленая²

1 — Географический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, 2 — Международный университет природы, общества и человека «Дубна»

В изучении морей европейского Севера исследования прибрежных морских зон являются одним из важнейших современных направлений морской биологии и экологии (Шкляревич, 2002). Важной составляющей прибрежной зоны является переходная область между сушей и морем — литораль. Несмотря на экстремальность природных условий, на ней формируются разнообразные сообщества, особенности и распределение которых подчиняется определенным закономерностям. Биологическое разнообразие сообществ литорали, складывающееся в условиях большой гетерогенности условий внешней среды, высокой скорости их изменения, а также влияния факторов абиотической и биотической природы, требует детальных исследований и междисциплинарных подходов.

Биогеографические исследования на полуострове Киндо, включающие сравнительную оценку биоразнообразия сообществ беспозвоночных животных в разных типах литорали и выявление закономерностей их биотического распределения, были проведены в летние полевые сезоны 2009–2012 гг. на территории Беломорской биологической станции им. Н. А. Перцова МГУ и ее окрестностей.

Сбор материала по наиболее распространенным группам макробентоса производился на литорали разных типов, характерных для побережья полуострова Киндо: мелко-каменистой (Черные Щели), скалисто-каменистой (бухта Биофильтров), песчано-илистой (Кислая губа), илистой (Ермолинская губа) и каменисто-песчаной (окрестности биостанции).

Биологическое разнообразие и степень доминирования в различных типах литорали оценивалось рядом индексов (Симпсона, Маргалефа, Макинтоша, Бергера-Паркера). Результаты расчетов показывают, что различные индексы в целом достаточно однозначно оценивают степень биоразнообразия сообществ. Так, наибольшее видовое разнообразие характерно для песчано-илистой и каменистой литорали за счет разнообразия биотопов; сообщества скальных грунтов характеризуются высоким обилием при низкой численности; низкое биоразнообразие наблюдается на илистой, а также каменисто-илистой литорали, что объясняется характером водообмена кутовой части губы с морем, а также формами микрорельефа.

При изучении прибрежных экосистем полуострова Киндо были выявлены закономерности распределения отдельных биологических характеристик сообществ, подчиняющиеся зональности самой литорали. Наиболее богатой с позиции биоразнообразия бентосных организмов выступает зона сублиторали, где происходит наибольшее развитие водорослей, фито- и зоопланктона, а также чередование разных типов осадков. Бедность жизни в верхних отделах литорали и скопление животных, в основном, в нижнем и среднем горизонтах характерно для каждого из рассмотренных типов литорали. Наблюдается увеличение биомассы в направлении от наиболее глубокой части залива (котловины) к кутовой части, а также к прибрежным мелководьям.

Проведенные исследования и картографический анализ распределения сообществ беспозвоночных животных подтвердили положения, что основными факторами, определяющими верхнюю границу распространения вида, является степень его приспособленности к жизни в воздушной среде. Нижние границы распространения определяются трофическими взаимоотношениями между видами, их конкурентоспособность и наличие хищников. Распределение беспозвоночных в сублиторальной зоне определяются условиями освещенности и температуры, а в их пределах — характером грунта и трофическими условиями. Тип субстрата определяет состав и

содержание органического вещества на литорали, в зависимости от чего формируются различные типы сообществ, которые были показаны графически для каждого типа изученной литорали.

Высокое биологическое разнообразие сообществ беспозвоночных животных литорали в окрестностях ББС МГУ объясняется смешанным характером морской фауны между арктическим и бореальным комплексами; благоприятными экологическими условиями: наличием зарослей донных макрофитов, чередованием участков с разной глубиной, хорошей аэрацией дна, а также большим разнообразием донных грунтов — от скалистых, валунных, галечных до песчаных и илистых.

КАНДАЛАКШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ЗАПОВЕДНИК:
КАДАСТРОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ ПО УЧАСТКАМ, 2012 Г.

А.С. Корякин

Кандалакшский государственный природный заповедник

Кандалакшский заповедник состоит из 13 участков, расположенных по морской периферии Мурманской области от границ с Норвегией в Баренцевом море до Республики Карелия в Белом море. Большинство участков — морские архипелаги с прилегающей акваторией, но в состав заповедника входит и несколько прибрежных материковых территорий. Участки заповедника находятся в Мурманской области, один участок — Кемьлудский архипелаг — расположен в Республике Карелия.

Краткая кадастровая информация по всем участкам, основанная на лесоустройстве 1978–79 гг., была ранее опубликована (Корякин, 2006). В 2008 г. по заказу Управления Роснедвижимости по Мурманской области было подготовлено «Землеустроительное дело с материалами работ по уточнению границ территорий Государственного природного заповедника «Кандалакшский»» (ОАО «Мурманское землеустроительное проектно-изыскательское предприятие», 2008). При подготовке дела в качестве основы для построения векторных карт были использованы морские карты, космо- и аэроснимки, данные последнего лесоустройства (1977–1978 гг.), другие материалы. Геодезическим способом была получена информация только для участка Турий мыс, по остальным участкам работа была выполнена картометрическим методом.

Лесоустройство 1977–78 гг., которое проводилось на принципиально иной технологии, оставило много нерешенных вопросов (отсутствие в описаниях отдельных островов, ряд очевидных ошибок в оценке площадей островов, литорали и акваторий, крайне сложную конфигурацию границ на акватории и др.). В настоящее время лесоустройство 1977–78 гг. остается действительным только для Кемьлудского архипелага, этот участок заповедника находится на территории Республики Карелия.

Результаты нового землеустройства, основанные на ГИС-технологиях, разнятся с предыдущими, в основном за счет изменения конфигурации и площадей акваторий и площадей литорали. Границы акваторий были существенно выпрямлены по поворотным точкам с фиксированными координатами. Очевидно, обеспечивать охрану границ, имеющих линейные конфигурации и жесткие координаты, много проще.

Новые внешние границы заповедника согласованы с органами управления районов Мурманской области, где расположены участки Кандалакшского заповедника. Отметим, администрация Терского района согласовала границы и общую площадь участка «Порья губа», но выступила против согласования площадей материковой литорали как суши, поэтому здесь эти площади остались в «акватории». Заповедник согласовал землеустроительное дело, Управление Роснедвижимости по Мурманской области приняло результаты этих работ.

Таблица 1. Площадь участков Кандалакшского заповедника по данным Лесоустройства 1977–78 гг. и Землеустройства 2008 г.

Инспекция: участок	Площадь, га					
	Лесоустройство 1977–1978 гг.			Землеустройство 2008 г.		
	Общая площадь	Суша + литораль	Морская акватория	Общая площадь	Суша	Литораль
<i>Баренцегоморская инспекция:</i>						
Айновы острова	1220	317	903	1575	271	55
Гавриловский арх.	1595	95	1500	1744	87	11
Арх. Семь островов,	13460	667	10000	14891	3104	279
прилегающая материковая			2793			
полоса и акватория						
Всего	16275	3872	12403	18210	3462	345
<i>Северная инспекция</i>						
Лувеньский арх.	1991	413	1578	2585	244	387
Олений арх.	3082	1452	1630	5075	1147	360
Северный арх. **	8953	1437	7516	7880	944.13	510
Кирилинский арх.	362	71	291	338	15	22
Всего	14388	3373	11015	15878	2350	1279

Таблица 1.

Продолжение.

<i>Великоостровская инспекция</i>						
арх. Тарасиха	3103	79	3024	3844	64	20
арх. Вачев	992	185	807	1691	147	50
Ковдский п-ов, зал. Бабье море, о.Великий	18618	11004	7614	21872	10402	198
Всего	24320	11719	12601	27407	10613	268
<i>Терская инспекция</i>						
Порья губа	14718	1154	13564	14653	535	192
Турый Мыс	829	829	0	853	853	
Всего	15547	1983	13564	15506	1388	192
ВСЕГО	70530	20947	49583	77001	17813	2084

Примечание: Площади всех участков округлена до 1 га.

* Включая литораль (Лесоустройство 1977–78 гг.).

** Включая Белошельную и Князегубскую Седловатую луду. По землеустройству 2008 г. часть островов и акватории Северного архипелага отошли к Оленьему архипелагу (в данном случае коррекция не проводилась).

Таблица 2. Количество видов Красной книги Мурманской области*, зарегистрированных на территории Кандалакшского заповедника.

Территория	Лишайники	Грибы	Печеночники	Мхи	Сосудистые	Беспозвоночные	Рыбы	Амфибии, Реп- тилии	Птицы	Млекопитающие	Всего
Мурманская область	127	7	56	107	245	8	7	4	42	28	651
В целом для заповед- ника	34	5	20	21	116	6	4	4	42	21	272
% от общего	27	71	36	20	47	75	57	100	100	75	42
Айновы острова	2	0	0	0	14	2	1	0	30	9	58
Гариловский арх.	0	0	0	1	4	2	3	1	29	12	52
арх. Семь островов	0	0	0	1	15	3	3	0	26	13	61
Материковая полоса побережья у арх. Семь островов	2	0	0	0	22	3	3	0			30

* Включая виды, подлежащие биологическому надзору в Мурманской области.

Таблица 2.

Продолжение.

Территория	Лишайники	Грибы	Печеночники	Мхи	Сосудистые	Беспозвоночные	Рыбы	Амфибии, Реп- тилии	Птицы	Млекопитающие	Всего
Олений арх.	6	0	4	1	50	1	1	2	16	3	84
Лувецкий арх.	1	0	0	0	25	5	1	2	25	9	68
Северный арх.	16	5	1	4	52	6	1	2	34	8	129
Кириловский арх.	0	0	0	0	25	1	1	0	12	2	41
арх. Тарасиха	0	0	0	0	30	1	1	0	12	2	46
арх. Вачев	0	0	0	0	33	1	1	0	12	1	48
Ковдский п-ов	1	0	0	0	50	2	2	4			59
о. Великий	8	1	7	6	62	3	2	3	33	11	136
Кемьдудский арх.	0	0	7	5	38	1	1	1	16	2	71
губа Порья	8	1	12	0	24	4	3	3	26	7	88
Турий мыс	12	0	4	8	63	2	1	2	8	6	106

Сравнительная информация по площадям заповедных участков дана в табл. 1. Новое землеустройство, хотя и не лишено недочетов, но значительно ближе к действительности и дает возможность существенно оптимизировать как работы по охране заповедных территорий и акваторий, так и научные исследования.

Отметим, что доля морской акватории составляет 74,2% от общей площади заповедника, варьируя на разных участках от 52% до 94% (участок Турий мыс морской акватории не имеет).

Территории заповедника на Белом море входят в состав водно-болотного угодья международного значения «Кандалакшский залив» (образовано в 1976 г.); все участки заповедника на Баренцевом море включены в Перспективный список Рамсарской конвенции (Водно-болотные угодья России, 1998, 2002).

На заповедных участках представлены многие особо охраняемые виды, включенные в Красную книгу Мурманской области (табл. 2).

УСЛОЖНЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПОБЕГОВ И ПЕРЕХОД ОТ РАДИАЛЬНОЙ СИММЕТРИИ К БИЛАТЕРАЛЬНОЙ В КОЛОНИЯХ ТЕКАТНЫХ ГИДРОИДОВ (CNIDARIA, HYDROIDOMEDUSA, LEPTOMEDUSAE)

И.А. Косевич

Каф. зоологии беспозвоночных, Биологический ф-т МГУ
им. М.В. Ломоносова

Связь между генотипом и фенотипом представляет собой сложную многомерную и нелинейную сеть процессов, включающую плейотропию, процессы самоорганизации, физические взаимодействия и регулирующие сигналы внешней среды, которые вносят вклад в конечную морфологию организма. При этом спектр реальных форм имеет свои ограничения, которые базируются не исключительно на наличии тех или иных генов и белков, но являются результатом всех эпигенетических взаимодействий между молекулами, клетками, тканями и внешней средой, реализуемых в процессе развития организма. Многие морфотипы могут появляться как в результате воздействия широкого спектра факторов внешней среды, так и в результате генетических мутаций (Ho, Saunders, 1979; 1982). При этом мутации могут привести к появлению только тех форм, которые не выходят за пределы потенций динамиче-

ской структуры живой системы в данный период эволюции. Так как процессы, генерирующие форму, являются универсальными, это дает возможность появления конвергенций и параллелизмов в генеалогически не связанных группах организмов (Ho, 1993).

В такой ситуации для решения ряда вопросов систематики представляется перспективным применение морфогенетического подхода. Морфогенетический подход в анализе разнообразия определенной группы организмов основан не на выявлении генетического родства, и не на классификации множества форм, а на том, как из одной формы можно получить другую на основе возможных (разрешенных) для данной группы морфогенетических процессов.

Морфогенетический подход направлен на объяснение многообразия в данной группе организмов, исходя из закономерностей формообразования, определяемых планом организации. Более того, морфогенетический подход позволяет выявить связь морфологии с условиями развития и существования организмов, обосновать возможность происхождения и ограниченность разнообразия. Следовательно, морфогенетический подход можно рассматривать как инструмент построения онтогенетической системы организмов.

В разных семействах и родах текатных гидроидов (Hydroidomeda, Leptomedusae) наблюдаются параллельные ряды изменений пространственно-временной организации побегов и колонии в целом. Исходя из этого, можно предположить существование единых морфогенетических механизмов, не зависящих от генетического родства и общности происхождения, а связанных с данным типом организации живого и определяющих рост и развитие представителей данной группы организмов.

Во внешней морфологии мягких тканей подавляющего большинства элементов (модулей) колоний гидроидов преобладает радиальная симметрия: строение зооидов и ценосарка столонов и побегов свидетельствует о наличии главной орально-аборальной оси, через которую можно провести несколько плоскостей симметрии модуля. Однако при рассмотрении организации побегов в целом, а также детальном изучении организации отдельных модулей и скелетных образований вокруг зооидов у текатных гидроидов приходится признать или отсутствие преобладающей симметрии (асимметрия организации побегов у некоторых видов текат-

ных и атекатных гидроидов), или преобладание разных комбинаций билатеральной и трансляционной («симметрия скользящего отражения») симметрий.

В данной работе высказывается предположение, что возникновение билатеральной симметрии морфогенетических модулей в колониях текатных гидроидов коррелирует с усложнением пространственно-временной организации побегов. Оба эволюционных процесса (возникновение билатеральной симметрии из изначальной радиальной симметрии и пространственное усложнение организации побегов и их модулей) можно объяснить в терминах одной гипотезы, предложенной Беркиным (Berking, 2003, 2006, 2010) и основанной на идее позиционной информации (Wolpert, 1971, 1994, 2011).

МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ КОЛОНИАЛЬНОГО
ГИДРОИДА *CLAVA MULICORNIS* (FORSSKÅL 1775) (HYDROZOA,
ANTHOMEDUSAE)

И.А. Косевич, Ф.В. Большаков

Каф. зоологии беспозвоночных, Биологический ф-т МГУ
им. М.В. Ломоносова

Стрекающие (Cnidaria) — это одна из наиболее просто устроенных групп многоклеточных животных. Двуслойная организация, преобладание радиальной симметрии, высокая способность к регенерации и переходу к модульной организации на постэмбриональной стадии развития делает представителей стрекующих важным объектом филогенетических и сравнительно-анатомических исследований.

Представители большинства стрекующих, за исключением коралловых полипов, характеризуются сложным жизненным циклом с закономерной сменой полипоидной и медузоидной жизненных форм. В одной из наиболее многочисленных групп стрекующих — атекатных и текатных гидроидов (Hydroidomедуса: Anthomedusae и Leptomedusae) — полипоидная жизненная форма представлена разнообразными модульными организмами, внешняя форма которых определяется наличием жесткого внешнего скелета — перисарка. Перисарк покрывает все общеколонийные мягкие ткани (ценосарк колоний), обеспечивая защиту и механическую опору. У текатных гидроидов питающие зоиды (гидранты) колонии окружены перисаркальными защитными образованиями — гидротеками — раз-

личной формы, в которые гидранты в большинстве случаев могут спрятаться. У атекатных гидроидов гидранты лишены защитных скелетных образований, и рассматриваются как «голые».

Принято считать, что эпидерма гидроидных полипов лишена жгутиков и имеет гладкую поверхность. Вместе с тем уже давно известно, что у некоторых гидроидов эпидерма гидрантов покрыта тонкой «кутикулой». Наличие «кутикулы» было показано для гидры и отдельных видов колониальных гидроидов. Также в некоторых случаях были обнаружены подстилающие кутикулу короткие выросты поверхности эпидермальных клеток — микроворсинки. Однако до сих пор отсутствует систематический сравнительный анализ ультраструктуры поверхности эпидермы и покрывающего ее внеклеточного матрикса в разных группах гидроидов. Сравнение организации этих структур в разных частях модульного организма, понимание закономерностей формирования внеклеточного матрикса и его роли в функционировании организма необходимы для проведения сравнительного анализа внеклеточного поверхностного матрикса в разных группах организмов.

В нашей работе мы поставили перед собой цель — изучить и описать эпидермальную поверхность и внеклеточный матрикс (кутикулу) на примере полипоидной стадии колониального атекатного гидроида *Clava mulicornis* (Forsskål, 1775). Материал для исследования был собран на Беломорской Биологической станции им. Н.А. Перцова МГУ летом 2012 г. Все образцы были изучены посредством методов сканирующей (СЭМ) и просвечивающей (ТЭМ) электронной микроскопии. Для проверки сохранности внеклеточного матрикса (кутикулы), были использованы различные типы фиксации: 3,5% глутаральдегидом на натрий-какодилатном буфере, 4% параформальдегид + 5% глутаральдегид на натрий-какодилатном буфере, 4% параформальдегид + 0,1% глутаральдегид на натрий-какодилатном буфере. Так же для контрастирования внеклеточного матрикса на ТЭМ был использован Рутениевый красный.

На малом увеличении СЭМ поверхность гидрантов выглядит гладкой, границы между клетками практически незаметны. На большом увеличении видно, что эпидермальная поверхность несет различные структуры.

При исследовании под большим увеличением видно, что гладкая поверхность не является непосредственно поверхностью кле-

ток. Она представлена тонким слоем, плотно прилегающим к поверхности мембраны эпидермальных клеток и ее выростам. Этот филаментозный слой, плотно прилегающий к эпидермальной поверхности, можно рассматривать как кутикулу (Wineega J.S., 1974).

Вышеупомянутые отростки являются микроворсинками. В пределах одного гидранта микроворсинки могут отличаться друг от друга по размерам (при одинаковом диаметре имеют разную длину). Микроворсинки могут ветвиться. Микроворсинки полностью погружены во внеклеточный матрикс, но при этом они находятся под разными углами, а не строго перпендикулярно к поверхности клетки. Исследование с помощью ТЭМ показало, что сам внеклеточный матрикс имеет рыхлую двухслойную структуру. Внешний слой более плотный и в него погружены только концы микроворсинок. Внутренний слой, расположенный между микроворсинками, рыхлый.

Внутри микроворсинок были обнаружены структуры, похожие на цитоскелет. В ряде случаев он представляет собой микротрубочки, заполненные электронно-плотным веществом.

Независимо от фиксации, все части гидрантов в той или иной степени были покрыты внеклеточным матриксом. Специфических типов микроворсинок в различных частях гидранта — область гипостома, щупалец и желудочного отдела — не выявлено.

На щупальцах кроме микроворсинок располагается большое количество книдоцилей. Книдоцили не покрыты внеклеточным матриксом.

Микроворсинки обеспечивают значительное увеличение поверхности клеток. В результате, увеличиваются эффективная поверхность всасывания растворенных в окружающей среде веществ. Кроме того, можно предположить, что микроворсинки - это временные образования, представляющие собой «резерв» клеточной мембраны для обеспечения быстрого увеличения поверхности эпидермы при растяжении гидранта. Однако, наличие внутри микроворсинок цитоскелета, позволяет предположить, что они не являются временными, поскольку цитоскелет не может разбираться так же быстро, как происходит сжатие и растяжение гидранта.

В самом внеклеточном матриксе были обнаружены неизвестные мембранные структуры, заполненные электронно-плотным веществом. Эти образования располагались на большом расстоянии от эпидермальной мембраны и имели размеры заметно боль-

шие, чем микроворсинки. Вероятнее всего это бактерии, обитающие в кутикуле гидранта.

Использование разных методов фиксации дало интересные результаты. В одних случаях (фиксация 3,5% глутаральдегидом на натрий-какодилатном буфере) вся поверхность и все микроворсинки были покрыты внеклеточным матриксом, однако, произошла сильная деформация тканей и сжатие кутикулы. При использовании других фиксаторов (4% параформальдегид и 0,1% глутаральдегид на натрий-какодилатном буфере) кутикула представляла собой разрозненные куски, располагающиеся на концах микроворсинок, собранных в пучки. Кроме этого мембраны эпидермальных клеток были сильно повреждены. В некоторых случаях (4% параформальдегид и 5% глутаральдегид на натрий-какодилатном буфере) кутикула полностью отсутствовала. Это позволяет говорить о том, что степень сохранности кутикулы зависит от применяемого фиксатора. Следовательно, для изучения организации внеклеточного матрикса, покрывающего поверхность эпидермы у гидридов, не защищенной перисарком, лучше всего подходит фиксация 3,5% глутаральдегидом на натрий-какодилатном буфере.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОСТРОВОВ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЕЯ.

Н.И. Косевич

Географический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

Белое море является одним из островных районов России. Преимущественно, острова располагаются вдоль западного побережья у Карельского, Кандалакшского и Поморского берегов Кандалакшского залива. Для региона исследования характерно сочетание относительно высоких скальных массивов и низменных заболоченных равнин, сложное геологическое строение, высокая дифференцированность и интенсивность новейших тектонических движений, очень контрастные климатические условия, высокие и сильно различающиеся по высоте приливы. Все вышеперечисленные и многие другие факторы создают регион со сложной организацией рельефа и современных геоморфологических процессов. Многие вопросы истории развития рельефа и рыхлых отложений

остаются дискуссионными, не достаточно изучена и современная морфолитодинамика побережий островов.

Целью нашего исследования было выявление геоморфологических особенностей островов Белого моря и морфодинамических тенденций их развития.

Главными объектами исследования были выбраны так называемые «малые» острова, площадь которых не превышает нескольких сотен квадратных километров (Булочникова, Романенко, 2010). «Малые» острова могут служить моделью, на примере, которой особенно хорошо видны результаты взаимодействия эндогенных и экзогенных факторов и условий рельефообразования, как сухопутной природы, так и океанической. Для островов характерны чрезвычайно сложные, разнообразные и неоднозначные взаимодействия условий, факторов и процессов рельефообразования. Комплексное изучение этих взаимодействий является одной из фундаментальных научных задач в островной геоморфологии. Небольшой по площади остров позволяет проследить начальные этапы зарождения суши, первые стадии развития субаэрального рельефа и в частности первые шаги эволюции суши после ее выхода из океана на дневную поверхность.

Для изучения геоморфологического строения островов были проведены наблюдения на четырех ключевых участках Кандакшского залива Белого моря. Острова Кузокоцкого архипелага (1 участок) располагаются рядом с Беломорской биологической станцией Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова (ББС МГУ) в проливе Великая Салма между мысом Кузокоцкий и полуостровом Киндо. Второй участок — острова Лувеньгского архипелага — располагается в вершине Кандакшского залива вдоль Кандакшского берега рядом с поселком Лувеньга. Третий ключевой участок — острова архипелага Северный — также находится в вершине Кандакшского залива вдоль Карельского берега от мыса Поднаволок до мыса Жемчужный. Острова Керетского архипелага — четвертый ключевой участок — располагаются при выходе губы Чула в Кандакшский залив.

Полевые исследования островов включали геоморфологическую съемку, результатом, которой стали крупномасштабные геоморфологические карты-схемы для каждого острова. Были отобраны образцы для аналитических (диатомовых, литологических и др.) исследований для определения условий формирования осад-

ков. Также в ходе маршрутов проводился поиск и отбор углеродсодержащего материала для радиоуглеродного датирования. В ходе съемки широко используются следующие геодезические методы — GPS-съемка и барометрическое профилирование.

В состав **Кузокоцкого архипелага** входят острова Кастьян, Кокоиха, Лушов, Белые острова, Покормежный, Медвежий, Березовый, Еловый, Кожамайкин и др. Острова вытянуты параллельными грядами с запада на восток, представляя собой поднятые блоки внутри обширной депрессии, занятой морем. Все острова сложены гранитовыми гнейсами и амфиболитами с многочисленными кварцевыми жилами и дайками основных пород. Внутренние скальные возвышенности окружены молодыми террасами с озерами и болотами в тыловых швах (табл. 1).

Лувеньгский архипелаг насчитывает 22 острова и 17 луд общей площадью 211 га. Большая часть островов сложена рыхлыми отложениями, и только самый южный остров архипелага — о. Голымянный Власов, представляет собой гранитный купол со ступенчатыми склонами (табл. 2).

В пределах **архипелага Северный** нами были изучены и закартированы острова Рязков, Лодейный, Куричек, Ломнишные (Большой и Малый), Демениха (Малая и Большая), Гульмаха, Вороний и луды Вороний Баклыш, Воронка, Девичья, Поперечные, Песчанка и Корабль. Объекты исследования вытянуты параллельными грядами с запада на восток, также как и в Кузокоцком архипелаге и разделены неширокими проливами — салмами. Рельеф островов представлен скальными массивами, осложненными морскими террасами, озерами и болотами.

На островах Кандакшского залива представлены формы рельефа как тектонического, так и морского происхождения. В развитии рельефа большинства островов отчетливо выражена роль тектонической деятельности. На островах архипелагов Северный и Кузокоцкий прослеживается преобладание форм тектонического рельефа (тектонические грабены, палеосейсмодислокации, разрывные нарушения, сводово-глыбовые поднятия), которые в свою очередь осложнены морскими террасами, озерами и болотами. Для островов Лувеньгского архипелага характерны аккумулятивные формы рельефа, созданные волновыми процессами и приливнотливыми течениями.

Таблица 1. Характеристика островов Кузокоцкого архипелага.

Название острова	Расположение острова	Абс. высота, м	Длина, м	Ширина, м	Субстрат	Рельеф
Кастян	В проливе Великая Сагма между мысами Кузокоцким и полуостровом Киндосом	22,1	1600	620	Гранитовые гнейсы и амфиболиты с многочисленными кварцевыми жилками и линзами известняков	Гранитоидный купол, разбитый многочисленными тектоническими трещинами и рвами. Многочисленные бухты.
Кокоиха		26,9	820	250		Скальный купол, центральная часть южного отглаженной скальной грядой; юго-восточная часть представлена палеосейсмодислокацией.
Лушов		27,1	2100	800		Выгнутый скальный купол; господство ледниково-эскарпационных форм.
Покормежный		24	400	210		Поверхности морских террас осложнены периодическими выходами скальных пород, у подножия которых распространены песчаные и валунно-галечные пляжи полного и неполного профиля.

Таблица 2. Характеристика островов Лувенского архипелага.

Название острова	Расположение острова	Абс. высота, м	Длина, м	Ширина, м	Субстрат	Рельеф
Голомянный Власов	Юго-восточная мористая часть архипелага	15,5	680	270	Гранитный	Скальный купол, осложненный морскими террас. Береговая зона представлена песчаными и валунно-галечными пляжами.
Бережной Власов	Юго-восточная часть архипелага	14,3	2000	1000	Рыхлые отложения с периодическими выходами гранитов.	Рельеф представлен поверхностью морских террас, которая осложнена заболоченными участками и участками распространения ветровалов и искорных ям.
Большой Кургажный	Северо-западная часть архипелага	14	736	662	Большая часть острова сложена рыхлыми отложениями, западная часть острова гранитная скальная гряда.	Поверхность морских террас занимает всю площадь острова. Береговая зона представлена валунно-галечным пляжем.

ЗООПЛАНКТОН БЕЛОГО МОЯ И РОЛЬ БЕЛОМОРСКОЙ БИОСТАНЦИИ
МГУ В ЕГО ИЗУЧЕНИИ

К.Н. Кособокова¹, Н.М. Перцова²

1 — Ин-т океанологии им. П.П. Ширцова РАН, 2 — Биологический
ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

Изучение зоопланктона Белого моря имеет более чем вековую историю. Первые работы по зоопланктону, опубликованные в конце XIX в., были посвящены его качественному составу и описанию представителей отдельных групп (Вагнер, 1885; Педашенко, 1897; Линко, 1900). За ними последовали работы по изучению состава и распределения зоопланктона на основании материалов, собранных ранними судовыми экспедициями в Белом море (Дерюгин, 1928; Виркетис, 1926, 1929, 1939; Хмызникова, 1947). Первые сведения о биомассе зоопланктона были получены в рейсе судна «Персей» в 1926 г. (Яшнов, 1940). Более регулярные исследования начались с образованием Беломорской биологической станции Карельского филиала АН СССР в 1949 г., на которой были развернуты исследования зоопланктона как кормовой базы беломорской сельди. В 1951–52 гг. были проведены комплексные исследования Онежского залива (Эпштейн, 1957а), а затем и в других районах моря (Эпштейн, 1957б, 1963; Иванова, 1962).

С 1959 г. непрерывные круглогодичные наблюдения за зоопланктоном были начаты сотрудниками Беломорской биостанции МГУ (Перцова, 1962, 1967, 1970, 1971, 1974 а, б, 1980а, б, 1981, 1983, 1984; Перцова, Сахарова, 1967, 1970; Кособокова, Перцова, 1990, 2005, 2011; Перцова, Пантюлин, 2005; Перцова, Кособокова, 1996, 2002, 2010;), а несколькими годами позже — сотрудниками Беломорской биостанции Зоологического института АН (Иванова, 1963; Прыгункова, 1968, 1974, 1985, 1987; Berger et al., 2001; Усов, 2011). За более чем полувековой период коллективами этих двух биостанций был накоплен исключительный по своему объему и ценности научный материал, характеризующий различные стороны структуры и функционирования планктонных сообществ прибрежных и открытых вод Кандалакшского залива, а также других заливов, бассейна и Горла Белого моря.

Работы, проведенные на Беломорской биостанции МГУ с 1959 г. по 2011 г., позволили исследовать фаунистический со-

став зоопланктона в широкой акватории Кандалакшского залива и остальных районах моря, включая все его заливы, Бассейн и Горло, в результате чего впервые в истории изучения Белого моря были опубликованы детальные видовые списки зоопланктона каждого из этих районов (Кособокова, Перцова, 2011). В разных районах моря было исследовано пространственное распределение зоопланктона (Перцова, 1962, 1970; Кособокова, Перцова, 1990, 2005), особенности вертикального распределения отдельных видов, их сезонные и суточные вертикальные миграции (Перцова, 1984). Было установлено наличие сезонных изменений видового и биогеографического состава в течение года, а также существенных колебаний численности и биомассы зоопланктона, особенно хорошо выраженных на мелководьях (Перцова, Прыгункова, 1995). Детальное изучение и расшифровка жизненных циклов всех массовых видов зоопланктона на основе круглогодичных наблюдений на постоянных станциях близ ББС МГУ (Перцова, 1974а, б, 1980а, 1981, 1984; Кособокова, Перцова, 1990; Кособокова, 1998) позволили объяснить причины этих сезонных колебаний как на мелководьях, так и в центральных глубоководных районах моря.

Дальнейшие исследования, посвященные изучению экологии, питания, размножения, структуры популяций и продуктивности массовых видов планктонных сообществ (Перуева, 1976, 1977; Арашкевич, Кособокова, 1988; Арашкевич, Сергеева, 1991; Кособокова, 1993, 1998, 1996) позволили подойти к изучению особенностей функционирования планктонных экосистем Белого моря.

Сопоставление результатов наблюдений на постоянных станциях и разрезах в Кандалакшском заливе позволили проанализировать причины и масштабы межгодовых колебаний биомассы зоопланктона, флуктуации структуры популяций и обилия массовых видов и их роль в колебаниях обилия всего зоопланктона (Перцова, Кособокова, 2002, 2010). Результаты этих исследований показали, что для методически корректной оценки многолетних тенденций изменений в планктонных сообществах необходимо учитывать сезонный ход и возможные пределы сезонных колебаний состава и обилия зоопланктона. Сравнение доступных на сегодняшний день данных о его биомассе с учетом фактора сезонности показывает, что суждение о том, что в Кандалакшском заливе или в Белом море в целом,

начиная с 50-х годов, биомасса зоопланктона существенно повысилась, является преждевременным.

На сегодня, безусловно, преждевременно говорить и об изменениях в жизненных циклах арктических видов зоопланктона в Белом море, связанных с изменениями климата (Перцова, Кособокова, 2010; Кособокова, Перцова, 2011). Вместе с тем необходимо слежение за отклонениями в развитии планктонных сообществ и массовых видов зоопланктона с особым вниманием к годам с необычным, особенно весенним, гидрологическим режимом, что в дальнейшем может оказаться важным для прогнозирования реакции планктонных сообществ на возможные изменения климата.

В целом, проведенные за последние 60 лет на ББС МГУ исследования зоопланктона сыграли важнейшую роль в формировании современных представлений о структуре и продуктивности зоопланктонных сообществ Белого моря (Перцова, Прыгункова, 1995; Pertsova, Kosobokova, 2000, 2003; Кособокова, Перцова, 2011). Они представляют собой фундаментальную основу для дальнейших наблюдений за этими сообществами в условиях меняющегося климата.

ПРИРОДА КРАСНЫХ СЛОЕВ В ВОДОЕМАХ, ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ОТ БЕЛОГО МОРЯ

Е.Д. Краснова¹, А.Н. Пантюлин², Д.Н. Маторин¹, Д.А. Тодоренко¹, Т.А. Белевич¹, И.А. Милютин³, Д.А. Воронов^{3,4}

1 — Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, 2 — Географический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, 3 — НИИ Физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ, 4 — Ин-т проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН

Один из интересных феноменов, обнаруженных в водоемах, отделяющихся от Белого моря — окрашенные водные слои. В разное время года в разных озерах находили слои красного цвета, зеленого, лимонно-желтого, оранжевого, серого. Одно из озер, за которым мы наблюдаем с 2009 г., мы даже назвали «Трехцветным» за разные цвета трех его слоев: бурый от гуминовых веществ поверхностный, изумрудно-зеленый средний и лимонно-желтый нижний. Данная работа посвящена красному слою, появляющемуся в некоторых водоемах. Мы попытались

разобраться: где и при каких условиях он появляется, и чем обусловлен цвет, столь необычный для природных водоемов.

Впервые подобный слой розовой воды был обнаружен в озере Могильном на о. Кильдин (Баренцево море) (Исаченко, 1914). Б.Л. Исаченко обнаружил в нем большое количество пурпурных серобактерий нескольких видов и пришел к выводу, что именно они окрашивают воду. Эти бактерии живут за счет бескислородного фотосинтеза и используют энергию света для окисления сероводорода, тем самым препятствуя его распространению вверх. Несколько десятилетий спустя при исследованиях микробного состава фототрофов в розовом слое вместо пурпурных были обнаружены другие — коричнево окрашенные зеленые серобактерии (Горленко и др., 1975; Corlenko et. al., 1978). Красный слой толщиной 5 см, населенный пурпурными серобактериями, есть в меромиктическом озере Ши́ра в Хакасии (Лунина и др., 2007). В обоих этих водоемах розовый слой образуется на верхней границе сероводородной водной массы, поскольку она находится в фотическом слое. В озере Могильном розовый слой поднимается по мере увеличения придонного сероводородного слоя воды: 1909 г. он был на глубине 13 м, через 6 лет на 12 м, в 1960-х и в 2004 г. — на 9–10 м (Стрелков и др., 2005).

На побережье Белого моря нам известно 12 стратифицированных отделяющихся водоемов (Краснова, Пантюлин, 2012), но красный слой был обнаружен только в четырех: оз. Кислосладком (66°32,87' N, 33°08,14' E), оз. Еловый наволо́к (66°28,7' N, 33°16,9' E), в лагуне на Зеленом мысу (66°31,80' N, 33°05,55' E) и в оз. Большие Хрусломены (о-в Олений в губе Ковда; 66°43' N, 32°51' E). Ни в одном из них этот слой не присутствует постоянно, он появляется и исчезает. Продолжительность его существования может быть разной: от месяца до пяти. Появление этого слоя бывает приурочено к началу лета (июнь) или к началу осени (сентябрь). В одном и том же озере в разные годы красный слой может возникать в разное время, а может и вовсе не появляться: видимо, сезонные колебания температуры и солености для организмов, которые придают ему окраску, не являются определяющими факторами. Красный слой может располагаться на глубине от 2,5 до 5 м (чаще всего на 4–4,5 м); его толщина от 15–20 см до 0,5 м. Изученные водоемы характеризуются большими различиями между слоями воды, которые сохраняются в течение всего года. В летнее время поверхностная водная

масса хорошо прогревается (до +20°C) и оказывается более теплой по сравнению с нижележащими слоями и с морем; концентрация морской соли в ней может быть разной: в большинстве водоемов соленость поверхностной воды ниже, чем в море, в некоторых водах совсем пресная, но в одном из исследуемых водоемов — лагуне на Зеленом мысу — такая же, как в море. Придонная масса во всех водоемах даже летом остается холодной, иногда — до 4–6°C, и солонее (до 28,8‰) поверхностной. Для меромиктических водоемов характерны резкие градиенты. Разница между поверхностным и придонным слоями может достигать 24‰ и 12,6°C; а в термо- и галоклине перепады могут составлять 21‰ и 6–7°C на метр. При всем разнообразии термогалинных условий красный слой всегда расположен в соленом слое (от 17,5‰ до 28,8‰ со средней 25‰ и стандартным отклонением 4‰) с температурой обычно близкой к +10°C, а если вода холоднее то в самом теплом слое (диапазон 4–12,7°C, средняя — 10±2°C). Довольно постоянным в нем оказывается окислительно-восстановительный потенциал среды, как правило, отрицательный (–14 — –216 мВ), либо красный слой располагается на самой границе положительных и отрицательных значений. Вода из этого слоя немного пахнет сероводородом. Реакция среды 8,1–9,4, среднее значение 8,5±0,5. Цвет может быть более насыщенным или слабым, и с разными оттенками: розовым, красным или коричневатым.

Параметры флуоресценции хлорофилла водорослей (F_o, F_v/F_m) определялись методом импульсной флуориметрии на приборе Water-PAM (Walz GmbH, Германия). Интенсивность флуоресценции F_o (постоянная флуоресценция) коррелирует с содержанием хлорофилла а в пробах воды (Маторин, Рубин, 2012) и может после калибровки использоваться для быстрой оценки концентрации пигментов водорослей. Информацию о состоянии фотосинтетического аппарата водорослей возможно получить по параметру флуоресценции F_v/F_m, которое соответствует максимальной величине эффективности первичных стадий утилизации света в ФС2 (Маторин, Рубин, 2012).

В табл. 1 представлены значения этих параметров (F_o, F_v/F_m) по глубине в разных слоях лагуны на Зеленом мысу в сентябре 2012 г. Содержание хлорофилла а, рассчитанное по F_o в верхних слоях воды до 1 м составляло 5,6 мкг/л. Количество водорослей и их фотосинтетическая активность по F_v/F_m были

близки к значениям этих параметров в открытой части моря. Эти значения флуоресценции в пробах воды увеличивались с глубиной и достигали максимальных значений в красном слое (глубина 4,5–5 м). Содержание хлорофилла а по F_o в этом слое достигало очень высоких значений. Фотосинтетическая активность имела высокое значение которое характерно для водорослей в период интенсивного цветения.

Спектр поглощения света в пробах, отобранных в сентябре 2012 г. из красного слоя лагуны на Зеленом мысу, определенный на спектрофотометре HITACHI-557, имел два максимума: один в интервале 664–692 нм и другой на 698,5–730 нм. Спектры поглощения в двух повторных промерах, выполненных с интервалом в 15 минут, различались высотой этих двух пиков: при повторном измерении пик в области с меньшей длиной волны стал ниже, длинноволнового. В октябрьской пробе красной воды из озера Кисло-сладкого зарегистрирован один высокий пик в области 690–720 нм, которая перекрывает пики предыдущей пробы.

Пигменты разных групп фотосинтезирующих организмов характеризуются разными спектрами поглощения света. Бактериохлорофилл пурпурных бактерий поглощает свет в длинноволновой области — более 800 нм, бактериохлорофилл зеленых серобактерий — между 700 и 800 нм, а хлорофилл водорослей — от 600 до 700 нм, поэтому, зная спектр поглощения в пробах воды, можно определить, какая группа фотосинтезирующих организмов в ней преобладает. В спектре поглощения красной воды из пробы с Зеленого мыса один пик соответствует хлорофиллу водорослей и второй — бактериохлорофиллу зеленых серобактерий. Пурпурные серобактерии в наших пробах, отсутствуют или малочисленны. Таким образом, своим цветом красная вода обязана двум группам организмов: зеленым серобактериям и эукариотическим водорослям. У водорослей красный цвет обеспечивают ксантофиллы и фикобилины со спектром поглощения в области 495–565 нм. Уменьшение поглощения света в части спектра 664–692 нм при повторном измерении мы объясняем, том, что жгутиконосцы из-за отрицательного фототаксиса покинули зону освещения кюветы в спектрофотометре.

Таблица 1. Характеристики разных слоев воды в лагуне на Зеленом мысу 3 сентября 2012 г.

Глубина, м	S‰	T°C	pH	Органолептические свойства воды	Активность фотосинтеза (Fv/Fm)	Концентрация хлорофилла, рассчитанная по значению Fo (мкг/л)
0	24,5	12,7		прозрачная, без запаха	0,47	5,6
0,5	24,6	12,7	9	- « -		
1	24,6	12,7	8,9	- « -		
1,5	24,6	12,6	8,9	- « -	0,517	5,5
2	25	13	8,8	- « -		
2,5	28,6	15,9	8,8	- « -		
3	28,7	16,7	8,7	- « -	0,6	18,4
3,5	28,9	16,6	8,5	- « -		
4	28,8	15,1	8,2	- « -		
4,5	28,8	13	8	- « -		
5	28,8	11,1	8,1	красноватая, мутная	0,714	281,3
5,5	28,8	10	8	запах сероводорода		
6	28,8	8,2	7,6	сильный запах сероводорода, зеленоватая, мутная	0,06	
6,4	28,8	7,6	7,7	зеленоватая, мутная	0,042	

С помощью светового микроскопа (световой микроскопии) обнаружено, что окраску красной воде придают криптофитовые водоросли, предположительно относящиеся к роду *Rhodomonas*. Для более точного определения рода и вида был просеквенирован ген 18S ядерной рРНК. Сравнение полученной последовательности с последовательностями 18S рДНК из GenBank (с

помощью программы BLAST) показало максимальное сходство с *Rhodomonas abbreviata* (U53128.1).

Клетки криптофитовых водорослей в большом числе были найдены и в других беломорских меромиктических водоемах при их обследовании в октябре 2012 г. Наибольшая их концентрация всегда приурочена к хемоклину и располагается непосредственно над границей сероводородного слоя.

Криптомонады обнаруживали и в других меромиктических водоемах. В озерах Ши́ра и Шунет в пикноклине в массе развиваются криптофитовые водоросли из рода *Guillardia* и *Chryptomonas*. Эти жгутиконосцы для фотосинтеза используют пигмент фикоэритрин, который позволяет им осуществлять фотосинтез на глубине, куда доходит только зеленая часть солнечного спектра. Кроме того, они способны к миксотрофному питанию — наряду с фотосинтезом, они усваивают органические вещества из воды и могут поедать бактерий. Неудивительно, что именно криптомонады развиваются в меромиктических водоемах возле границы сероводородного слоя. В свою очередь, эти жгутиконосцы могут служить пищей более крупным организмам — инфузориям, коловраткам, ракообразным. Известно, что в оз. Могильном, Ши́ра и Шунет зоопланктон концентрируется возле хемоклина. В оз. Могильном на глубине 8,5–9 м его численность достигает 4 тыс. экз./л, а крупные хорошо различимые виды зоопланктона в области розовой воды могут достигать 600 экз./л (Гуревич, 1975). В этом слое обитает один вид инфузории, которая питается серобактериями и, видимо, устойчива к сероводороду (Реликтовое озеро Могильное..., 2002). В озере Ши́ра возле красного слоя концентрируются бокоплавы *Gammarus lacustris*. Не исключено, что в беломорских отделяющихся водоемах зоопланктон тоже окажется приуроченным к этому слою. Таким образом, слой красной воды оказывается целой экосистемой, основанной на продукции фотоавтотрофных бактерий и фитопланктона, и приуроченной к хемоклину с его стабильными абиотическими условиями.

Авторы выражают благодарность сотруднику каф. биофизики Биологического факультета МГУ Е.П. Лукашову за помощь в определении спектров поглощения света.

ПРИКРЕПЛЕННЫЕ, БЕНТОПЛЕЙСТОННЫЕ И КАРЛИКОВЫЕ ЭКАДЫ
FUCUS VESICULOSUS L. (FUCALES, PHAEOPHYCEAE) ИЗ
КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОЯ: МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ
РАЗНООБРАЗИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ЕДИНСТВО

Н.В. Кучерук, О.В. Максимова, У.В. Симакова
Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Морфологическое разнообразие — характерная черта фукусовых водорослей, их способность образовывать экологические формы (экады) давно и хорошо известна (Арциховский, 1905; Зинова, 1953; Baker, Bohling, 1916). Особое место во внутривидовой структуре фукоидов занимают так называемые ильные формы (их относят к мегэкаде *limicola*), встречающиеся главным образом в соленых маршах и кутовых, заиленных частях заливов и губ. Такие формы образуют представители родов *Ascophyllum*, *Pelvetia*, *Fucus*, *Cystoseira* и др. Для Белого моря карликовая и бентоплейстонная формы *Fucus vesiculosus*, а также карликовая форма *Ascophyllum nodosum* были описаны сравнительно недавно (Максимова, Мюге, 2006; 2007). Было показано, что карликовый «мохообразный» аскофиллум (*A. nodosum* ecad *muscoides*) генетически идентичен «нормальному» прикрепленному аскофиллуму и широко распространенной бентоплейстонной экаде *A. nodosum* ecad *scorpioides*. Карликовый *Fucus vesiculosus* ecad *muscoides* и бентоплейстонный *F. vesiculosus* ecad *vehovianus* по результатам генетического анализа (ITS-1) продемонстрировали свою принадлежность к обширному кластеру *Fucus vesiculosus* (куда входят также *F. spiralis*, *F. virsoides* и *F. ceranoides*). Так как в исследованном районе Кандалакшского залива обитают только два вида *Fucus* — *F. vesiculosus* и *F. distichus*, который вместе с *F. serratus* образует второй крупный генетический кластер рода *Fucus*, то мы посчитали возможным рассматривать карликовый и бентоплейстонный фукусы как экады *Fucus vesiculosus* (Максимова, Мюге, 2007). Хотя, строго говоря, проведенный анализ не позволял определить таксономический ранг обнаруженных абберрантных фукусов: их можно было рассматривать и как самостоятельные виды, генетически не отличимые от *F. vesiculosus*, что, собственно, и делают западные альгологи, выделяя «мохообразный» фукус в отдельный вид *F. cottonii* (Wynne, Magne, 1991). По нашему мнению, нет никаких оснований рассматривать эти

абберрантные морфы как самостоятельные виды, и главным подтверждением этого является широкое распространение в районе исследований впервые описанной нами «мохообразной» экады аскофиллума, морфологически чрезвычайно похожей на «мохообразный» фукус и образующей как смешанные с ним, так и чистые заросли. Этот факт подтверждает давнее предположение, что в сходных экологических условиях разные виды должны образовывать морфологически сходные экологические формы (Baker, 1912).

Продолжившиеся после 2007 г. (вплоть до 2012 г.) наблюдения за уже известными популяциями абберрантных фукоидов, а также расширение района исследований принесли новые данные как по морфологии и биологии этих экад, так и по состоянию самих популяций. Так, в 2011 г. на о-ве Оленевский был обнаружен один таллом *F. vesiculosus* ecad *vehovianus*, несущий типичные для вида парные воздушные пузыри, впрочем, очень мелкие, некоторые — с редуцированной полостью. В 2012 г. в этом же месте таких талломов было обнаружено уже более двух десятков. Одновременно было отмечено необыкновенно обильное плодоношение экады, причем соотношение мужских и женских особей различалось на нижней литорали и в верхней сублиторали: из 36-ти фертильных литоральных растений было 15 ♀ и 21 ♂, а из 28-ми сублиторальных — 21 ♀ и всего лишь 7 ♂. При этом мы впервые отметили явный половой диморфизм талломов, выразившийся в форме рецептакулов: у женских особей они овальные и более гладкие, у мужских — скорее яйцевидные, туповершинные, с выпуклыми скафидиями.

Популяция *F. vesiculosus* ecad *vehovianus* в губе Грязная, где эта экада была обнаружена впервые в 1996 г., по-прежнему встречаются только мужские растения, причем за весь 2012 г. было найдено всего 17 фертильных экземпляров. В то же время, после почти полного исчезновения этой популяции в 2005–2006 гг. (Максимова, Мюге, 2007), она явно восстанавливается, хотя и выглядит более угнетенной, чем популяция о-ва Оленевский, из-за более интенсивного развития нитчатых водорослей и заморов, вызываемых их отмиранием.

Что касается *F. vesiculosus* ecad *muscoides*, то в 2012 г. было найдено несколько фертильных талломов этой экады. По одному фертильному таллomu было найдено на о-ве Оленевский и в популяции возле Нильмо-губы (оба ♂) и две куртины плодоно-

сящих талломов были обнаружены на о. Великий, в губе Коняевская (все ♂). Следует отметить, что все фертильные талломы относятся к крупной подформе экады, имеющей уплощенные талломы длиной 5–11 см (Максимова, Мюге, 2007). В настоящее время мы склонны рассматривать ее как переходную от «истинной» мелкой подформы экады *muscoides* (до 5 см длиной) к экаде *vehovianus*. При этом мы нашли *in situ* примеры как такого «превращения», так и обратного: при выносе талломов экады *vehovianus* в средние и верхние горизонты литорали, особенно на заиленном и илистом субстратах, эти талломы, будучи или полупогруженными в субстрат, или «заякоренными» нитчатыми водорослями, начинают «превращаться» в типичные «мохообразные» микро-куртинки.

Исключительное разнообразие экологических форм *Ascophyllum nodosum* было обнаружено нами на западном берегу бухты Коняевская (о. Великий). Особенности субстрата обусловили здесь тесное соседство типичной прикрепленной формы и всех вариантов ильных экад. Крупные валуны, к которым крепятся растения типичного аскофиллума, разделены топкой ншейей, где «процветают» ильные формы.

Наконец, в 2012 г. мы обнаружили три новых ильных формы *Fucus*. Одна из них была обнаружена в губе Ковда (*Fucus* sp. 1), вторая — среди «мохообразного» фукуса в Нильмо-губе (*Fucus* sp. 2), а третья — в губе Грязная, вместе с экадой *vehovianus*. По жизненной форме все они сходны с экадой *vehovianus*, но морфологически отличаются и от нее, и друг от друга.

Для уточнения таксономического статуса экад *muscoides* и *vehovianus* фукуса пузырчатого, определения видовой принадлежности новых ильных форм, а также для выявления связей (или их отсутствия) между популяциями типичного прикрепленного *Fucus vesiculosus* и его экад был собран материал для генетических исследований. Более 20 проб было подготовлено для баркодинга (*F. distichus*, прикрепленный *F. vesiculosus*, его экады *muscoides*, *vehovianus* и новые ильные формы из разных местообитаний, а также сублиторальный *F. vesiculosus* f. *giganteus*) и 11 проб (по 30 талломов) — на микросателлиты (прикрепленный *F. vesiculosus* из эстуария реки Черная, с пляжа Песчаный, с о-ва Оленевский, из Нильмо-губы; экада *muscoides* из эстуария реки Черная, с пляжа Песчаный, с о-ва Оленевский, из Нильмо-губы, из губы Лопшагина; экада *vehovianus* из губы

Грязная и с о-ва Оленевский). В результате сравнения полученных нуклеотидных последовательностей (использованные генетические маркеры: LSU – D2/D3 участок большой субъединицы рибосомальной ДНК (ядро), *rbcL*-3p — участок *Rubisco*-оперона (пластида), COI-5p — участок митохондриальной ДНК, кодирующий I субъединицу цитохромоксидазы) представителей всех обнаруженных нами экад и морф между собой мы выявили очень высокий процент сходства между ними. Все изученные образцы принадлежат к одному виду. Это говорит о высочайшей морфологической пластичности фукусов, благодаря которой они сумели захватить практически весь спектр биотопов доступных морским макроводорослям. Мы сравнили наши данные с представленными в базах данных BOLD и GeneBank (www.boldsystem.org, www.ncbi.nlm.nih.gov). Разные маркеры сближают наши образцы как с представителями *Fucus vesiculosus* так и *Fucus spiralis* из других регионов. В то же время рецептакулы, имеющиеся у некоторых образцов, были раздельнополы и не обладали характерным для *Fucus spiralis* стерильным отростком. В результате вопрос о видовой принадлежности изученных форм фукуса в Белом море остается открытым.

Полевые исследования проведены в рамках Беломорской прибрежно-морской экспедиции Лаборатории экологии ФГБУН Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской Академии наук. Лабораторные работы поддержаны Министерством Науки и Образования Российской Федерации (грант 11.G34.31.0008).

ПРОЦЕСС РЕАГРЕГАЦИИ КЛЕТОК У ДВУХ ВИДОВ ГУБОК БЕЛОГО МОРЕЯ

А.И. Лавров, И.А. Косевич

Каф. зоологии беспозвоночных Биологического ф-та
МГУ им. М.В. Ломоносова

Губки (Porifera) — водные, морские или пресноводные многоклеточные животные с фильтрационным питанием и дыханием. У губок отсутствуют обособленный кишечник или кишечная паренхима, нервная и мышечная системы, а также гонады. Организация этих многоклеточных животных во взрослом состоянии крайне примитивна, и единственной обособленной систе-

мой, вокруг которой строится вся организация взрослой губки, является водоносная система.

Уникальной чертой взрослых губок можно считать мобильность и пластичность их анатомических структур и клеточных линий. Все клетки в теле этих животных способны к активному перемещению, и среди них нет необратимо дифференцированных типов. Анатомические структуры в теле губки также подвергаются постоянной перестройке. Эти непрерывно идущие процессы реорганизации тела позволяют губкам адекватно реагировать на изменения условий окружающей среды (Ересковский, 2005).

Одной из форм проявления описанной выше пластичности губок является способность их клеток к реагрегации после искусственной диссоциации тканей животного химическими или механическими методами. В ходе реагрегации происходит формирование многоклеточных агрегатов разнообразного строения, а в некоторых случаях и полное восстановление организации губки (с функционирующей водоносной системой, непрерывной экзопинакодермой и развитым мезохилом) (Wilson, 1907; Buscema et al., 1980; Короткова, 1972). Особой стадией процесса реагрегации является формирование так называемых примморфов. Примморфы представляют собой трехмерные клеточные агрегаты сферической формы. Они обладают тканеподобной структурой и характеризуются наличием непрерывной пинакодермы, отделяющей внутреннюю массу неспециализированных клеток от окружающей среды. Примморфы представляют собой завершение процесса реагрегации клеток. После их окончательного формирования могут начаться процессы регенерации и роста губки (Custodio et al., 1998; Müller et al., 1999).

Все это делает процесс реагрегации клеток губок удобной лабораторной моделью, которая позволяет в контролируемых условиях изучать поведение отдельных типов клеток (клеточные деления, миграция, дифференцировка, роль программируемой клеточной смерти), а также процессы восстановления исходных связей между клетками и формирования основных структурных элементов организма. Целью настоящего исследования было отработать методику и проанализировать последовательность стадий реагрегации клеток у двух видов губок из Белого моря, ранее не использовавшихся в подобных работах. Работа была проведена на базе Беломорской биостанции

им. Н.А. Перцова биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

В качестве объектов исследования были выбраны два вида губок, относящиеся к классу Demospongiae: *Halichondria panicea* (Pallas 1766) и *Haliclona aquaeductus* (Schmidt 1862). Сбор образцов проводили легководолазным методом. До начала экспериментов губок содержали в аквариумах с биологическими фильтрами при температуре 12–15°C. Затем участки тела губок подвергали механической диссоциации: измельченные кусочки тканей протирали сквозь мельничный газ (размер ячеек 200 мкм) с помощью пинцета в емкость с фильтрованной морской водой. Полученные суспензии клеток культивировали при постоянной температуре 4°C (первые 24 часа культивирование проходило на орбитальном шейкере при скорости вращения 100 об/мин). В качестве среды для культивирования суспензии клеток использовали фильтрованную морскую воду.

Процесс реагрегации регистрировали под микроскопом или бинокуляром. Клеточные агрегаты, сформировавшиеся в суспензиях клеток, были зафиксированы и исследованы методами световой и электронной микроскопии (ТЭМ, СЭМ).

Суспензии клеток изученных видов губок, полученные при диссоциации тканей животных, содержали живые клетки. Большинство клеток активно образовывало псевдоподии. Количество и форма псевдоподий варьировали. Окраска суспензий йодидом пропидия в комбинации с DAPI показала, что они содержали лишь небольшое количество мертвых клеток.

Первые этапы процесса реагрегации начинаются в суспензиях клеток непосредственно после их получения. Нам не удалось наблюдать амебоидного перемещения клеток в суспензии с помощью псевдоподий. Судя по всему, клетки образуют псевдоподии для «обследования» пространства вокруг себя. При соприкосновении псевдоподий двух клеток, между ними возникает контакт, и клетки начинают сближаться друг с другом за счет сокращения псевдоподий. Вероятно, именно таким образом происходит образование первых клеточных агрегатов у исследованных видов. Клетки в составе первых агрегатов также образуют псевдоподии, что способствует присоединению к агрегатам новых клеток и увеличению их размеров.

Процесс реагрегации клеток у исследованных видов губок в целом проходит сходно, и в нем можно выделить несколько этапов:

- 1) формирование первичных клеточных агрегатов;
- 2) сортировка клеток в составе первичных клеточных агрегатов;
- 3) преобразование первичных клеточных агрегатов в приморфы;
- 4) активное слияние приморфов друг с другом.

Через 24 часа после диссоциации, в суспензиях клеток происходило формирование первичных клеточных агрегатов, заметных невооруженным глазом.

В суспензиях клеток *H. panicea* при концентрации 10^7 кл./мл происходит формирование большого количества не крупных клеточных агрегатов диаметром 140–185 мкм, которые имеют округлую или сложную разветвленную форму.

В суспензиях *H. aquaeductus* при концентрации клеток 10^7 кл./мл появляется не только большое количество простых клеточных агрегатов, но и крупные клеточные скопления. Агрегаты имеют округлую или овальную форму и достаточно крупные размеры — 250–497 мкм в диаметре. Клеточные скопления представляют собой очень крупные образования размером до 10 мм, имеющие неправильную форму. Форма и плотность таких скоплений сильно варьирует в разных культурах клеток. Клеточные скопления могут долгое время существовать в культуре, при этом на их поверхности появляется большое количество мертвых клеток и детрита. Со временем такие скопления погибают.

Изучение гистологических срезов показало, что клеточные агрегаты обоих видов губок состоят из клеток двух размерных классов. Большая часть клеток в составе агрегатов имеет размеры 2–5 мкм и, вероятно, происходит от хоаноцитов и пинакоцитов. Но присутствуют и более крупные клетки (8–20 мкм), образовавшиеся из разнообразных клеток мезохила. Большинство крупных клеток несет в цитоплазме многочисленные фагосомы. Реже встречаются крупные клетки, в цитоплазме которых находятся включения с гомогенным содержимым. Клетки в составе агрегатов разделяют пустые пространства, которые у живых агрегатов, вероятно, заполнены внеклеточным матриксом. На ультратонких срезах между цитоплазматическими мембранами

некоторых контактирующих клеток были обнаружены межклеточные контакты, морфологически напоминающие контакты запирающего типа.

На 3–4 сутки культивирования начинается следующий этап процесса реагрегации — *сортировка клеток* в составе первичных клеточных агрегатов. Внешне это проявляется в формировании вокруг большинства агрегатов рыхлой оболочки из мертвых клеток и детрита. После освобождения агрегатов от такой оболочки (на 5–8 сутки) они выглядят более плотными, приобретают правильную округлую форму. Данную стадию реагрегации клеток изученных видов губок можно охарактеризовать как *ранние приморфы*. В течение следующих двух суток следует преобразование ранних приморфов в *настоящие приморфы*, сопровождающееся формированием у них более гладкой поверхности.

На гистологическом уровне сортировка клеток приводит к уменьшению количества мелких клеток (размером 2–5 мкм) в составе агрегатов и к уплотнению упаковки оставшихся более крупных клеток. В составе ранних приморфов обоих видов губок преобладают клетки размером 8–20 мкм. Поверхность ранних приморфов *H. aquaeductus* покрыта слоем клеток амебидной формы, соединенных большим количеством цитоплазматических отростков и имеющих слегка уплощенную форму. У ранних приморфов *H. panicea* такой слой клеток отсутствует.

У *H. aquaeductus* преобразование ранних приморфов в настоящие приморфы сопровождается формированием на их поверхности пинакоцитов. Тем не менее, пинакоциты не образуют сплошного слоя на поверхности приморфов данного вида: встречаются лишь отдельные пинакоциты, большая часть клеток поверхности имеют амебидную форму и несет большое количество сильно разветвленных псевдоподий. Это отличает приморфы *H. aquaeductus* от приморфов *Suberites domuncula*, для которых рядом авторов описывается поверхность, покрытая непрерывным слоем пинакоцитов (Custodio et al., 1998; Müller et al., 1999). При формировании настоящих приморфов *H. Panicea* на их поверхности не появляются пинакоциты, но формируется слой гладкого внеклеточного матрикса. В остальных чертах своего строения приморфы похожи на ранние приморфы.

Примморфы были последней стадией реакреации у исследованных видов губок. После завершения своего формирования примморфы сохраняли жизнеспособность более месяца, но восстановления исходной организации губки не происходило. В течение этого времени наблюдали постепенное слияние примморфов и увеличение их размеров. За семь дней после завершения формирования примморфов в культурах *H. aquaeductus* их размеры увеличились с 177 мкм до 614 мкм. В культурах *H. panicea* в тот же период времени размеры примморфов увеличились с 136 мкм до 275 мкм.

Данная работа позволила отработать методики получения клеточных агрегатов из суспензий клеток губок и определить основные этапы процесса реакреации клеток у двух видов беломорских губок. Это послужит основой для более детальных исследований процесса реакреации. Предстоит изучить роль и поведение различных типов клеток, формирование новых межклеточных контактов и восстановление внеклеточного матрикса и скелетных элементов в ходе этого процесса.

АНОКСИГЕННЫЕ ФОТОТРОФНЫЕ БАКТЕРИИ ОЗЕРА КИСЛО-
СЛАДКОЕ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ).

О.Н. Лунина, А.С. Саввичев, И.И. Русанов, Н.В. Пименов,
В.М. Горленко

Ин-т микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН

В сентябре 2010 г. проведено исследование сообщества аноксигенных фототрофных бактерий (АФБ) водной толщи небольшого стратифицированного озера Кисло-сладкое (100 м × 60 м, средняя глубина 1–1,5 м), недавно отделившегося от моря (Кандалакшский залив Белого моря). Несмотря на недавнее образование озера, в нем сложилось уникальное сообщество АФБ, состоящее как из морских, так и из солетолерантных микроорганизмов. Практически все выделенные штаммы оказались по тем или иным признакам отличными от ранее известных видов.

В наиболее глубокой части озера (4,2 м) редокс-зона располагалась на глубине 2,6–2,7 м. Концентрация сероводорода в придонном горизонте составила 16 мг/л. Общая соленость в воде озера изменялась от 13,8 г/л в поверхностных слоях до

16,7 на нижней границе хемоклина, и далее до 17,2 г/л у дна. Соленость морской воды по другую сторону перемычки составляла 21–24 г/л. Термоклин наблюдался на глубине 2,5–3 м и практически совпадал с редокс-зоной и галоклином. Температура воды понижалась с 12,8°С на поверхности до 8,8°С у дна. На границе окисленных и восстановленных вод pH составлял 7,3.

Вода сероводородной зоны озера имела буро-зеленый цвет за счет интенсивного развития зеленых серобактерий (ЗСБ), также в воде присутствовали пурпурные бактерии. Из проб воды озера было выделено 9 штаммов АФБ, три из которых отнесены к ЗСБ (штаммы *PrPC10*, *ChlvPC10*, *PhvPC10*), 5 — к пурпурным серобактериям (ПСБ) (штаммы *TcaPC10*, *TcyPC10*, *TcyrPC10*, *AmPC10*, *TrccPC10*) и 1 — к пурпурным несерным бактериям (ПНБ) (штамм *RvPC10*).

Было неожиданным, что два морфологически разных зелено-окрашенных штамма ЗСБ (*PrPC10* и *ChlvPC10*) оказались филогенетически идентичными, и близкими к штамму *PhvPC10*, представленному коричнево-окрашенными бактериями *Chlorobium phaeovibrioides*, имея с ним 99% сходства по данным сиквенса гена 16S рРНК. В тоже время, с ближайшим зелено-окрашенным видом (*Chlorobium luteolum*) их сходство составило 98%.

Следует отметить, что развитие типично морских ЗСБ *Ch. phaeovibrioides* ранее обнаруживалось только в глубоководных меромиктических водоемах, таких как Черное море, оз. Могильное (о. Кильдин, Баренцево море). Этот вид ЗСБ содержит бактериохлорофилл *e* и обогащен каротиноидом изо-рениератином, что позволяет ему выигрывать конкуренцию с зелено-окрашенными видами ЗСБ на больших глубинах, куда проникает преимущественно коротковолновая часть видимого света небольшой интенсивности. В состав прибрежных микробных матов коричнево-окрашенные ЗСБ не входят, и их появление в молодом стратифицированном водоеме не может быть объяснено вторичной адаптацией бентосных форм аноксигенных фототрофов к планктонному существованию. В то время, как большинство других, обнаруженных нами видов, вполне могли переселиться из мелководных бентосных альгобактериальных сообществ Белого моря.

Еще одной неожиданностью была 100% филогенетическая близость (на основании анализа гена 16S рРНК) трех изолированных морфотипов ЗСБ, один из которых был коричневым, а два других имели зеленую окраску, благодаря присутствию бактериохлорофилла *d* и лишь небольшого количества каротиноида хлоробактина. Существенно, что эти изоляты практически не отличались также по данным сиквенса ФМО — протеина (по неопубликованным данным Туровой Т.П.). Таким образом, получено еще одно подтверждение, что ЗСБ генетически консервативная группа АФБ, где отдельные виды имеют лишь незначительные отличия в геноме, отражающие адаптационные тенденции, индуцированные существованием в конкретной экосистеме. Генетическая близость сосуществующих разнокачественных популяций ЗСБ в недавно изолированном от открытого залива водоеме дает основание высказать предположение о высоком темпе возникновения и генетического закрепления таких существенных адаптационных признаков как тип антенных хлорофиллов и каротиноидов. Очевидно также, что наличие газовых везикул у ЗСБ, как и у ПСБ, не вызвана существенными изменениями в геноме.

Все выделенные штаммы ПСБ оказались новыми микроорганизмами родов *Thiocapsa* и *Thiorhodococcus*.

Выделенный штамм *Tca*PC10 оказался филогенетически близок к *Thiocapsa pendens*, *Tca. roseopersicina* и штамму *Mogl Tca. sp.*, выделенному из оз. Могильное в 1999 г. и имел с ними по 98% сходства.

Два морфо-физиологически близких штамма *Tcr*PC10 и *Am*PC10, имели округлые клетки, содержали оkenон и газовые вакуоли. Эти штаммы по гену 16S рРНК имели наибольшее родство (99%) с видами *Tca. marina* (содержит оkenон, без газовых вакуолей) и *Tca. rosea* (содержит спириллоксантин и газовые вакуоли).

Родопинал-содержащий штамм *Trcf*PC10 имел 99% сходства с типовым штаммом *Thiorhodococcus kakinadensis*, и является одним из штаммов этого вида. Родопин-содержащий штамм *Tcc*PC10 оказался близок к штамму *Tref*PC10 99% сходства и 98% с *Thiorhodococcus drewsii*.

Выделенные ПНБ штамм *Rv*PC10 по данным анализа нук-

леотидных последовательностей гена 16S рРНК имели 100% сходства со штаммом *Rhodovulum sulfidophilum* JA198 и 98% сходства с типовым штаммом этого вида.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ FMRF-АМИД-ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ОКРАШИВАНИЯ У ПЛАНУЛЫ И В КОЛОНИИ ГИДРОИДНОГО *GONOTHYRAEA LOVENI* (ALLMAN 1859)

Т.Д. Майорова, И.А. Косевич

Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

В работе нервной системы Стрекающих принимают участие нейромедиаторы, принадлежащие к широкому кругу различных классов нейроактивных веществ. Это могут быть классические трансмисмиттеры, нейропептиды, эйкозаноиды, а также оксид азота. Одними из наиболее изученных нейромедиаторных веществ у Стрекающих являются нейропептиды. Эти вещества синтезируются в нервных клетках и в большинстве случаев функционируют как нейротрансмисмиттеры и нейрогормоны. Было показано, что большинство нейронов у изученных видов стрекающих синтезируют нейропептиды, принадлежащие семейству RF-амидов, все представители которого характеризуются аминокислотной последовательностью -Arg-Phe-NH₂ на С-конце. FMRF-амиды — это подсемейство семейства RF-амидов, С-конец которых несет следующие остатки аминокислот: Phe-Met-Arg-Phe-NH₂. Нервные клетки с FMRF-амидами были зарегистрированы у многих видов стрекающих, причем FMRF-амид-положительная нервная система была показана на личиночной, полипоидной и медузоидной стадиях развития. Наиболее хорошо в данном направлении изучены виды *Halocordyle disticha* (Hydrozoa) (Martin 1988), *Hydractinia echinata* (Hydrozoa) (Walther et al. 1996), *Aurelia aurita* (Scyphozoa) (Nakanishi et al. 2008; Майорова и др. 2012) и *Nematostella vectensis* (Anthozoa) (Marlow et al. 2009).

Однако, не смотря на то, что большинство представителей класса Hydrozoa являются колониальными животными, организация нервной системы в ценосарке колонии оставалась практически не изученной. Ранее, сеть, состоящая из отростков нервных клеток, была описана лишь в гидрантах некоторых видов

колониальных стрекających (Stokes, 1974; Grimmelikhuijzen, 1985; Falugi et al., 1994). Однако по-прежнему остается невыясненным вопрос о наличии нервных клеток в ценосарке колонии, также не был прослежен процесс закладки нервной системы в процессе формирования элементов колонии. Настоящее исследование впервые показывает строение, а также процесс дифференцировки нервной системы в колонии текатных гидроидных на примере *Gonothyraea loveni* (Allman 1859).

Колонии, а также эмбрионы и личинки *G. loveni* были собраны в летние периоды 2011–2012 гг. на Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова (66°34'N, 33°08'E). Сбор материала производили во время отлива. Для выявления нервных клеток был выбран метод иммуноцитохимического окрашивания с использованием первичных антител против тирозинированного тубулина (универсальный маркер нервных клеток) и FMRF-амида. Для того чтобы антителам могли проникнуть в ткани ценосарка, перисарк колонии перед окрашиванием надсекли скальпелем. Результаты визуализировали при помощи лазерной конфокальной микроскопии. Для описания морфологии на ультраструктурном уровне использовали трансмиссионную и сканирующую электронную микроскопию.

В ходе исследования было показано, что эмбриональные стадии развития *G. loveni* не характеризуются окрашиванием антителами против тирозинированного тубулина и FMRF-амида. Хорошо выраженная нервная система закладывается лишь на стадии личинки (планулы), в тот момент, когда планула покидает материнский организм и приступает к поиску подходящего субстрата для оседания и метаморфоза. На этой стадии развития в состав нервной системы входят столбчатые эктодермальные FMRF-амид-положительные клетки. Они равномерно разбросаны вдоль всего тела планулы, однако на переднем полюсе личинки заметно плотное скопление этих клеток. Своей апикальной поверхностью все выявленные FMRF-амид-положительные клетки контактируют с внешней средой, вследствие чего их предполагаемая роль может сводиться к восприятию внешних сигналов, в том числе, связанных с инициацией метаморфоза.

По-видимому, эти клетки составляют лишь часть нервной системы планулы *G. loveni*, поскольку антитела против тирозинированного тубулина выявили в дополнение к FMRF-амид-

положительным клеткам другие эктодермальные клетки, с округлым телом и несколькими нервными отростками. Переплетаясь, эти отростки образуют достаточно густую субэктодермальную нервную сеть, распространяющуюся вдоль всего тела личинки.

В подтверждение предположения о том, что в состав нервной системы планулы *G. loveni* входит несколько типов нервных клеток, на ультраструктурном уровне были показаны нервные отростки с различными типами нейросекреторных пузырьков.

Вскоре после вступления в метаморфоз, нервная система планулы *G. loveni* подвергается деградации, о чем свидетельствуют исчезновение окрашивания на FMRF-амиды, а также отсутствие тубулин-положительных отростков. Последний факт подтверждает именно деградацию нервных клеток, а не прекращение синтеза нейромедиатора (FMRF-амидов) в нервных клетках. По-видимому, феномен элиминации нервной системы в ходе метаморфоза является распространенным явлением среди личинок как гидроидных (Plickert, 1989; Gröger and Schmid, 2000; Martin, 2000; Seipp et al., 2007), так и сцифоидных (Nakanishi et al., 2008).

После метаморфоза начинается полипоидная стадия развития, в ходе которой происходит рост и формирование колонии. Первые нервные клетки были зарегистрированы нами в момент завершения формирования первичного междуузлия будущей колонии *G. loveni*. На данном этапе развития, нервные клетки еще не являются FMRF-амид-положительными, однако их тонкие отростки уже могут быть визуализированы при помощи антител против тирозинированного тубулина. Эти отростки, направленные вдоль длинной оси междуузлия, были зарегистрированы как в тканях гидранта, так и в ценосарке междуузлия.

Нервная система междуузлия, принадлежащего взрослой колонии *G. loveni*, в отличие от первичного полипа, характеризуется более сложной организацией нервной системой. На этой стадии развития антитела против тирозинированного тубулина выявляют густую сеть четко-различимых нервных отростков, присутствующих как в гидранте, так и в ценосарке колонии. В ценосарке все отростки направлены вдоль длинной оси междуузлия. В гидранте нервная сеть также в основном состоит из

продольно-ориентированных нервных отростков, однако между ними заметны отростки, расположенные под углом к длинной оси, которые, таким образом, соединяют соседние нервные отростки, параллельные друг другу. Также видны места межнейрональных контактов и бифуркации нервных отростков. Особое внимание привлекает ряд биполярных нейронов, тела которых расположены строго в основании каждого щупальца, один отросток направлен в щупальце, а другой – в противоположном, проксимальном направлении.

При одновременном окрашивании тканей междуузлиа антителами против тирозинированного тубулина и FMRF-амида было показано, что лишь часть тубулин-положительных нервных клеточек является в то же время и FMRF-амид-положительными. Следовательно, оставшаяся часть нервных клеток характеризуется отличными от FMRF-амида веществами. Таким образом, в нервной системе колонии *G. loveni* принимают участие несколько нейромедиаторных веществ, включающих нейропептиды семейства FMRF-амидов.

Помимо этого, было проведено одновременное окрашивание антителами против тирозинированного тубулина и фаллоидином, показавшее близкое расположение нервных и мышечных отростков в гидранте *G. loveni*. Одна из возможных функций FMRF-амид-положительных нервных клеток *G. loveni* — регуляция мышечного сокращения. К подобному выводу об участии нейропептидов семейства FMRF-амидов в мышечном сокращении склоняются авторы большинства исследований, проведенных на стрекающих (Grimmelikhuijzen, 1983; Weber, 1989; Grimmelikhuijzen et al., 2002; Mackie, 2004; Kass-Simon and Pierobon, 2007; Satterlie, 2008). Кроме этого, на некоторых гидроидных было показано наличие синапсов между книдоцитами и FMRF-амид-положительными нервными клетками. Считается, что последние регулируют и синхронизируют выстреливание книдоцитов (Anderson et al., 2004; Price and Anderson, 2006). Поскольку FMRF-амид-положительные нервные отростки проникают в щупальца *G. loveni* и проходят в непосредственной близости от основания многочисленных книдоцитов, эта версия также может быть верна и для *G. loveni*.

Следующей задачей настоящего исследования было проследить процесс закладки нервной системы в ходе формирования нового междуузлиа колонии *G. loveni*. Было показано, что на

начальных этапах роста междуузлиа нервные клетки в тканях ценосарка отсутствуют. Первые нервные клетки были выявлены, когда растущее междуузлие достигало примерно половины длины зрелого междуузлиа. На этой стадии формирования, нервные клетки представлены тубулин- и FMRF-амид-положительными биполярными нейронами с короткими отростками, ориентированными продольно. Стоит подчеркнуть, что иммуноположительные клетки занимают лишь проксимальную половину растущего междуузлиа.

На стадии формирования зачатка гидранта *G. loveni* нервные клетки достигают дистальной части формирующегося междуузлиа, т.е. оказываются непосредственно в тканях самого зачатка гидранта. В этот момент видно, что отростки нервных клеток становятся значительно длиннее, чем отростки нервных клеток на более ранней стадии роста междуузлиа. Помимо удлинения, можно отметить, что некоторые отростки приобретают сложную извилистую форму и начинают давать бифуркации.

Известно, что в ценосарке происходит активная миграция клеток в направлении верхушки роста (Kossevitch, 1999). По-видимому, нервные клетки претерпевают дифференцировку в процессе миграции коммитированных нейрогенных предшественников из тканей колонии в растущее междуузлие.

Таким образом, в настоящем исследовании мы впервые продемонстрировали наличие FMRF-амид-положительных клеток у планул *G. loveni*, а также впервые показали, что и в ценосарке, и в гидрантах колонии текатных гидроидных (на примере *G. loveni*) присутствует достаточно сложно организованная нервная система. При этом в ходе развития новых элементов колонии процесс дифференцировки и усложнения нервной системы происходит постепенно и связан со стадией роста междуузлиа.

Исследования выполнены при поддержке Министерства образования и науки РФ, Совета по грантам Президента РФ и проведены в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 гг.».

ЗОСТЕРА МОРСКАЯ (*ZOSTERA MARINA* L.) БЕЛОГО МОРЯ НА
СНИМКАХ ИЗ КОСМОСА

А.В. Макаров

Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова Биологического ф-та МГУ
им. М.В. Ломоносова

Литоральные, эстуарные и сублиторальные заросли zostеры (*Zostera marina* L.) или, по-поморски, взморника являются индикатором состояния прибрежных экосистем и местом нереста некоторых ценных пород рыб, например, беломорской сельди (Кузнецов, 1960). В результате поражения миксомицетом лабиринтулой (*Labyrinthula macrocystis*) в шестидесятые годы прошлого столетия в Белом море практически исчезла вся zostера (Вехов, 1992). Очевидно, что болезнь zostеры сопровождалась резкими изменениями в консорции, эдификатором которой она являлась. Наиболее известным следствием принято считать проблемы, которые возникли в связи с воспроизводством сельди, откладывавшей икру на эту траву. До настоящего времени еще не вполне изучена роль этого галофита в прибрежных экосистемах, его геохимическая функция. Поэтому дистанционный мониторинг состояния зарослей zostеры в Белом море и возможность контроля над процессом ее восстановления представляют сегодня научно-практический интерес. Для этой цели можно использовать спутниковые снимки.

Цель настоящей работы — изучение возможности использования снимка спутника FORMOSAT-2 MS для исследования узкой полосы прибрежного мелководья.

Задача исследования — идентификация зарослей zostеры, ширина которых может достигать 10–30 м, а длина — нескольких десятков метров, располагающихся на узкой, обводняемой дважды в сутки литорали, и примыкающей к ней верхней сублиторали Северо-Карельского побережья.

Задачей является также проверка достоверности распознавания зарослей zostеры и, в общем, идентификация объектов в прибрежной зоне северных морей, где присутствует вынос взвеси с берегов, а холодная вода, насыщенная кислородом, богата планктоном и поэтому обладает очень низкой прозрачностью.

В работе использован снимок спутника FORMOSAT-2 MS от 3 августа 2011 г. На снимках этого спутника заросли zostеры

распознаются так же хорошо, как и наземные зеленые растения, точнее, их скопления. Это объясняется тем, что спектральное разрешение каналов спутника FORMOSAT-2 полностью перекрывает зеленую часть спектра, а спектр отражения у zostеры такой же, как у наземных зеленых растений, несмотря на то, что она растет под водой (Biber et al., 2005).

В работе использован метод «классификация с обучением» (Лабутина, 2004; Трифонова и др., 2005). Для обработки снимков был использован пакет программ ScanEx IMAGE Processor, разработанный ИТЦ СКАНЭКС, в котором реализован ряд алгоритмов классификации изображений, позволяющих идентифицировать объекты по эталонным участкам. Полевые работы по поиску и картографированию эталонных и контрольных участков зарослей zostеры произведены в летние месяцы 2011–2012 гг. в окрестностях Беломорской биологической станции (ББС) МГУ.

В результате применения алгоритма «бинарный классификатор», использующего сходство яркостных характеристик пикселей всех каналов с эталонными участками, показано, что если обучающий эталон покрыт слоем воды определенной толщины, то после обработки снимка будет получено распределение разных по оптической плотности зарослей zostеры, находящихся в сходных с эталоном условиях, то есть, на той же глубине, что и эталонный участок.

Еще один вывод заключается в том, что из-за сложной конфигурации береговой линии нашего района исследований фазы отлива на разных эталонных участках не совпадают, поэтому литораль и сублитораль на всей площади снимка не являются оптически однородными в момент съемки. Объекты, находящиеся в зоне верхней сублиторали, расположенные фактически на одной глубине, в разных частях снимка могут быть покрыты слоем воды разной толщины. Это необходимо учитывать при картировании контуров литорали по спутниковым снимкам, и распознавании любых объектов в прибрежной зоне.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОЩАДКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ТОЛЩИНЫ АКТИВНОГО СЛОЯ В ЗОНЕ СПОРАДИЧЕСКОЙ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ В ДЕЛЬТЕ РЕКИ МАЙВАЛЬТАЙОК (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

С.В. Малицкий¹, Е.Л. Ростовцева¹, А.А. Георгиев¹, М.Л. Георгиева^{1,2}, И.В. Блинова³

1 — Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, 2 — Науч.-иссл. ин-т по изысканию новых антибиотиков им. Г.Ф. Гаузе РАН», 3 — Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН

В настоящее время в результате повсеместного увеличения среднегодовой температуры верхнего слоя вечной мерзлоты проводятся широкие комплексные исследования экосистем, включающие в себя мониторинг толщины активного слоя (ALT). В связи с этим создаются площадки по программе CALM (Circumpolar Active Layer Monitoring), расположенные как в восточных, так и в западных пределах зоны вечной мерзлоты в России.

Цель данной работы состоит в кратком описании мониторинговой площадки, созданной в дельте реки Майвальтайок, впадающей в Умбозеро Мурманской области.

Исследованная мониторинговая площадка (N 67,7724°, E 34,1820°) представляет собой квадратный участок 100×100 м, созданный в 2011 г. на мерзлотном болоте. Он расположен в районе спорадической вечной мерзлоты в северной тайге на второй озерной террасе на западном берегу озера Умбозеро. Терраса состоит из торфа до 2,5 м и подстилается грубыми песками (Олюнина и др., 2008). По всей площади участка через каждые 10 м специальными вешками отмечены точки, в которых методом прямого зондирования определяется толщина активного слоя (ALT), таким образом, площадка поделена на 100 более мелких квадратов 10×10 м и содержит 121 узловую точку, в которых проводятся измерения. Вечная мерзлота находится в торфяниках в среднем на глубине 1,4–1,7 м (1,45±0,48 м). Самая малая глубина активного слоя (0,3–0,9 м) обнаруживается в 13% узловых точек. Около 27% узловых точек имеют толщину активного слоя за пределами границ, которые можно измерить с помощью 2-метрового зонда. При этом нужно заметить, что ни топографическая картина участ-

ка, ни растительный покров никак не отражают столь высокие значения толщины активного слоя.

Сравнение этой площадки с другими, расположенными на южной границе вечной мерзлоты, показали, что это одна из самых теплых площадок вечной мерзлоты обследованная методом зондирования. Так, в 1973–2002 гг. среднегодовая температура воздуха в Ловозере (место расположения ближайшей к участку метеостанции) была –1,4°C, и в настоящее время она равняется –0,9°C. Летняя среднегодовая температура воздуха в Ловозере составляет 11,2°C. Наблюдались положительные тенденции для длины периода оттаивания. Для Ловозера это увеличение составляет от 166 до 176 дней. Явные тенденции к потеплению на западных площадках могут привести к предположению, что значения толщины активного слоя на площадке в дельте реки Майвальтайок возросло в последние десятилетия. Сильное увеличение глубины оттаивания было обнаружено на других площадках CALM в Арктической зоне европейской части России (Мажитова и др., 2008).

Мониторинговая площадка в дельте реки Майвальтайок это ерничье-морошково-голубиковое болото с обширными мочажинными комплексами, заполненными водой (рН 5,2; концентрация солей 19 мг/л), с *Carex lasiocarpa* и *Eriophorum polystachion*, а также с крупнобугристыми участками с лишайниковой тундрой и с преобладанием *Flavocetraria nivalis*. По перифериям бугров развиты мочажины, заполненные коврами из нескольких видов *Sphagnum* и *Sanionia uncinata*. Подробное геоботаническое описание приведено в табл. 1.

Проекционное покрытие видов оценивали по 8-балльной шкале Браун-Бланке: «г» — редко; «+» — покрытие менее 1%, «1» — менее 5%, «2a» — 5–10%, «2b» — 10–25%, «3» Проекционное покрытие видов оценивали по 8-балльной шкале Браун-Бланке: «г» — редко; «+» — покрытие менее 1%, «1» — менее 5%, «2a» — 5–10%, «2b» — 10–25%, «3» — 25–50%, «4» — 50–75%, «5» — 75–100% (Barkman et al., 1964).

Таблица 1. Геоботаническое описание мониторинговой площадки в дельте реки Майвальтайок.

Сомкнутость крон	0
ОПП, %, в т. ч.:	90
травяно-кустарничковый ярус, %	20
мохово-лишайниковый ярус, %	5% мхи + 80% лишайники
Общее число видов, в т. ч.:	13
сосудистых	6
мохообразных	2
лишайников	5
Древесный ярус	отсутствует
Кустарниковый ярус:	
<i>Betula nana</i>	2b
Травяно-кустарничковый ярус:	
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	+
<i>Ledum palustre</i>	1
<i>Rubus chamaemorus</i>	+
<i>Vaccinium uliginosum</i>	+
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	г
Мохово-лишайниковый ярус:	
<i>Polytrichum</i> sp.	1
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	г
<i>Cladonia stellaris</i>	2b
<i>Flavocetraria nivalis</i>	4
<i>Flavocetraria cucullata</i>	4
<i>Stereocaulon alpinum</i>	2a
<i>Stereocaulon tomentosum</i>	2a

Для изучения видового состава мицелиальных грибов мерзлотного болота было сделано 3 почвенных разреза.

- Разрез №1. Глубина до слоя пермафроста — 60 см. Поверхность слоя – ровная по всей поверхности. Отобрано 8 образцов.
- Разрез №2. Глубина до слоя пермафроста — 53 см. Поверхность слоя – край выпуклой линзы, глубиной 27 см. Отобрано 10 образцов.
- Разрез № 3. Пермафрост на глубине 2 м. Образцы отобраны до глубины 70 см. Отобрано 9 образцов.

Всего отобрано 27 почвенных образцов. Образцы отбирались через 5–10 см в стерильные емкости, которые хранились замороженными до момента окончательной обработки в условиях стационарной лаборатории Биологического факультета МГУ.

Перспективы

Значительные величины толщины активного слоя (ALT) в южных пределах зоны вечной мерзлоты часто превышают длину зонда, что ведет к увеличению количества узловых точек с неизвестным значением ALT в случае деградации вечной мерзлоты. Специально для торфянистых и песчаных почв площадки в дельте реки Майвальтайок предложен 3-метровый зонд с резьбовым или замковым соединением. Еще один способ решить проблему заключается в создании термометрических скважин в местах глубокого оттаивания, с последующим интерполированием значений ALT.

На площадке предполагается проведение топографической съемки. Измерение высоты необходимо для цифровых моделей рельефа участков, которые будут использоваться в различных исследованиях.

Обычно на всех площадках изучается растительное проективное покрытие и продуктивность, чтобы лучше понять влияние изменения климата на экосистемы тундры и северной тайги.

НАСКОЛЬКО УВЕЛИЧЕНИЕ РАЗМЕРОВ ТЕЛА ВЛИЯЕТ НА ВЫЖИВАНИЕ ВОДНЫХ ЭКТОТЕРМНЫХ ЖИВОТНЫХ?

И.Е. Манушин

Полярный науч.-иссл. ин-т морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича

Одной из важнейших проблем современной биологии является оценка влияния условий окружающей среды на особей разных популяций/видов в сравнительном аспекте. Кроме того, представляет интерес насколько особи дочерних таксонов, отличающиеся от родственников своими размерами, приспособлены к своему обитанию. Обычно, чем более крупными особями представлен вид, тем более мы склонны относить его представителей к долгожителям среди себе подобных. Во многих случаях это соответствует действительности. Значит, увеличение размеров тела помогает особи в ее жизни. А раз так, то надо попытаться выразить это явление количественно.

Для анализа в данной работе были использованы данные, относящиеся к популяциям следующих таксономических групп: Cnidaria, Annelida, Arthropoda, Mollusca, Chaetognatha, Echinodermata, Chordata. Размеры тела животных выражались через массу, как наиболее универсальный и легко определяемый заменитель объема. Конечно, это не совсем эквивалентная подмена вследствие разной плотности организмов, но применение его избавляет от многих трудностей, а погрешности в большинстве случаев несущественны. В качестве показателя «жизнеспособности» особей вида использовалась продолжительность жизни. Мы будем оперировать с двумя ее типами: максимальной и средней. Обычно за максимальную продолжительность жизни животных берется средняя продолжительность жизни 10% наиболее долгоживущих организмов популяции. Максимальная продолжительность жизни практически исключительно определяется скоростью старения, т.е. предполагается, что «долгожители» живут в благоприятных для себя условиях среды. А вот средняя продолжительность жизни зависит от условий обитания представителей группы — чем лучше условия жизни, тем меньше смертность и больше вероятность дожить до максимального возраста для всех особей популяции. Таким образом, было упрощенно принято, что увеличение максимальной продолжительности жизни особей в популяции с увеличением их массы

отражает генетически заложенное свойство. А увеличение средней продолжительности жизни, кроме этого, еще и отражает влияние внешних факторов.

К настоящему времени опубликовано большое количество работ по определению продолжительности жизни в популяциях водных эктотермных животных. На основе литературных и собственных данных были рассчитаны коэффициенты степенного уравнения зависимости максимальной продолжительности жизни особей (T_{max}) в популяции от их средней массы (W) (диапазон значений средней массы особей от 0,000088 до 114,4 г):

$$T_{max} = 2081 (\pm 71) \times W^{0,20 (\pm 0,01)} (R^2 = 0,74; n = 178), \quad (1)$$

где R^2 — коэффициент детерминации; n — число пар значений, использованных для расчета параметров; параметры уравнения приведены со стандартной ошибкой. Средняя масса выражена в граммах, продолжительность жизни — в сутках. 95% доверительный интервал для параметра «а» составляет от 1943 до 2220, для «b» — от 0,18 до 0,22.

Также были рассчитаны коэффициенты степенного уравнения зависимости средней продолжительности жизни особей (T_{av}) в популяции от их средней массы (диапазон значений средней массы особей от 0,0000011 до 114,4 г):

$$T_{av} = 449 (\pm 13) \times W^{0,27 (\pm 0,01)} (R^2 = 0,78; n = 283), \quad (2)$$

Здесь, как и в уравнении (1) средняя масса выражена в граммах, продолжительность жизни — в сутках. 95% доверительный интервал для параметра «а» составляет от 424 до 475, для «b» — от 0,25 до 0,29. В уравнении (2) показатель степени больше, чем в уравнении (1). Это говорит нам о том, что с увеличением средней массы тела средняя продолжительность жизни особей в популяции растет быстрее, чем их максимальная продолжительность жизни.

Этот вывод может свидетельствовать о том, что увеличение размеров особей у разных видов позволяет повышать долголетие не только за счет эндогенных механизмов, но и за счет относительного ослабления неблагоприятных факторов среды для более крупных организмов, увеличения «комфортности» их жизни. Так как данное утверждение получено на основании количественных расчетов, то и его можно облечь в форму степенного уравнения, разделив (2) на (1):

$$\text{Comf} = 0,22 \times W^0, \quad (3),$$

где Comf — «комфортность» внешней среды. Получившаяся величина хотя и безразмерна, но в реальных условиях всегда будет меньше 1. Простой расчет показывает, что увеличение средней массы тела на порядок уменьшает действие неблагоприятных факторов среды (увеличивает «комфортность») в 1,16 раза.

Полученные теоретические выводы и, тем более, количественные показатели являются, конечно, предварительными. Данная работа это только начальный этап в очередной попытке количественного описания явлений, определяющих условия жизни популяции.

Следует особенно обратить внимание на проблему определения продолжительности жизни особей в популяции. Как и всякая естественнонаучная проблема, связанная со временем, она крайне сложна для исследования. Как было отмечено А.Ф. Алимовым и Т.И. Казанцевой (2004): «Поскольку в основе развития организма лежат процессы роста и обмена, можно предполагать, что организм развивается по своему внутреннему времени, а внешнее (астрономическое) время служит лишь для организации его взаимодействия с внешней средой. Молодые и старые особи живут в одном пространстве, но в разных временных мирах. На ранних стадиях онтогенеза внутреннее время течет медленно, на поздних стадиях — быстро. Но на протяжении всей жизни внутренний возраст остается меньше внешнего». Из этого следует, что при учете только астрономического времени (как в данном исследовании) всегда будет возникать очень большой разброс данных по продолжительности жизни, ведь внутреннее время у особей разных видов может сильно варьировать. Представляется, что разброс был бы меньше, если бы учитывался внутренний возраст организмов. Единственное замечание, которое можно сделать к процитированному абзацу, касается одного пространства для жизни молодых и старых организмов. Если в процессе онтогенеза взрослые особи существенно превышают в размерах свою молодь, то для них пространство становится более «комфортным», неблагоприятные факторы среды ослабляют свое действие на крупные организмы. Вследствие этого показатель смертности для молодежи обычно выше, чем для взрослых особей.

МОНИТОРИНГ ПОПУЛЯЦИИ БАЛЯНУСОВ *SEMIBALANUS BALANOIDES* НА ЛИТОРАЛИ ВЕЛИЗИ БС МГУ МЕТОДОМ ФОТОРЕГИСТРАЦИИ

Н.Н. Марфенин, Ф.В. Большаков

Каф. зоологии беспозвоночных, Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

Введение

Долгосрочные изменения в структуре литоральных экосистем и плотности популяций обитающих здесь видов представляют большой академический и прикладной интерес. Мониторинг литоральных экосистем или отдельных популяций позволяет отслеживать как локальные, так и глобальные экологические процессы, происходящие на границе водной, наземной и воздушной сред. В отличие от контактных зон в пределах наземных или морских экосистем фауна и флора литоральной пограничной зоны по видовому составу обеднена.

Цели исследования:

- 1 — определение средней плотности разреженной популяции балянусов *Semibalanus balanoides* в зоне пониженного водообмена, а также пределов колебания плотности популяции и интенсивности оседания балянусов за ряд лет;
- 2 — выявление пространственных закономерностей оседания и смертности балянусов в монотонном биотопе. Иными словами, мы стремились определить зависимость оседания и смертности от места на субстрате.

Методы исследования

Основные результаты были получены методом ежегодной фотосъемки стационарных площадок учета численности балянусов, соответственно по годам: апр 05.07.2004, 26.07.2005, 12.07.2006, 14.07.2007, 15.07.2008, 09.07.2009, 13.07.2010 и 21.06.2011. К середине июля массовое оседание безусловно завершается. Для определения смертности в течение лета однажды была проведена дополнительная фоторегистрация 5.09.2009. На границе верхней и средней литорали были выбраны 6 валунов в поперечнике около 1 м уплощенной формы, крепко сидящих в грунте литорали (табл. 1). На каждом была размечена трансекта шириной 10 см, по которой выкладывали размеченный линь.

Ежегодно проводили сплошную фотосъемку трансе́кт, протяженность которых от 0,7 до 1,4 м, с числом учетных площадей от 7 до 12 (всего на шести камнях за 8 лет — 471). При регистрации по фотографиям всегда учитывали: 1) число осевших в данном году особей; 2) совместно число однолетних и более старых особей. На меньшей выборке проведен более детальный учет всех возраст раздельно. Возраст определяли, прослеживая каждый экземпляр по фотографиям с момента оседания на субстрат. Смертность за первый год жизни баянусов определена по выборке 9378 экз.

Средняя за все время плотность популяции взрослых баянусов 48 экз./м² варьируя по годам от 22 до 75 экз./м². С 2004 по 2011 гг. в исследуемой популяции баянусов произошли существенные изменения. Удельная численность баянусов без сеголеток за это время сначала возросла почти в 3,5 раза к 2008 г, а затем стала снижаться (табл. 2). Оседание происходит в течение июня и почти полностью завершается до середины июля. Об этом можно судить по тому, что к следующему году на фотографиях появляются лишь единичные новые баянусы, осевшие в период после регистрации. Всего осевшие после середины июля в среднем составляют 1,1% от всех учтенных баянусов (5020 экз.) в период с 2005 по 2011 г по совокупной выборке 56 квадратов 10×10 см.

Результаты

За 8 лет было зарегистрировано три пика оседания личинок: в 2005, 2007 и 2009 гг. В эти годы интенсивность оседания была выше в 3–5 раз, чем в остальные. Пики оседания не сказались прямо-пропорционально на численности взрослых баянусов. Так в 2006 г., через год после интенсивного пополнения популяции, удельная численность *S. balanoides* на площадках мониторинга увеличилась лишь незначительно.

Трансекты существенно различались между собой по плотности баянусов (табл. 3). Это можно объяснить различиями в продолжительности пребывания их под водой (табл.1). На четырех валунах, покрытых водой за приливной цикл в течение 140–250 минут, средняя плотность взрослых баянусов 64±49 экз./дм², осевших 55±64 экз./дм². На двух других валунах оставшихся под водой менее 110 минут в день, плотность популяции взрослых была 28±31 экз./дм² и осевших 18±24 экз./дм².

Таблица 1. Характеристики шести трансе́кт: длина и число учтенных квадратов (10×10 см), а также продолжительность пребывания под водой за один приливный цикл (26.07.2011).

№ трансе́кты	Длина трансе́кты (см)	Число учтенных квадратов за 8 лет	Продолжительность пребывания под водой за цикл прилива (мин.)
2	70	49	250
3	110	82	110
34	130	98	110
52	120	88	120
53	140	93	140–210
55	80	61	160–240

Таблица 2. Динамика средней плотности (В) популяции взрослых и осевших *S. balanoides* по годам мониторинга (N=54–60, B±SD).

Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Взрослые	22±22	23±21	32±44	57±45	75±57	60±45	69±47	49±41
Осевшие	17±20	77±66	32±26	75±64	7±11	96±65	9±6	4±4

Таблица 3. Средняя плотность взрослых и осевших *S. balanoides* за 8 лет по трансе́ктам (m; SD).

Трансекты	2	3	34	52	53	55
Взрослые	47±35	17±23	40±39	101±68	65±44	56±40
Осевшие	64±69	14±23	22±24	54±60	34±43	72±77

Возрастная структура была определена по выборке 3754 экз. Ювенильные особи (осевшие) составляли 54,7% от всей совокупности баянусов; однолетние — 14,9%; двухлетние — 14,2%; трехлетние — 10,3%; четырехлетние — 4,6%; пятилетние — 1,3%.

Среднее значение смертности за год среди всех осевших баянусов с 2004 г. по 2010 г. (9378 экз.) на четырех трансектах 2, 3, 34, 53 составляла 58%. В течение этого периода смертность варьировала от 30,2% (2010/2011) до 63,1% (2009/2010).

Основное снижение численности популяции *S. balanoides* происходило в осенне-зимний период, а не летом. Так смертность после оседания в течение первых двух месяцев в 2009 г. была всего 5,2±6,1%. Снижение численности генерации неправомерно связывать с истирающим действием льда. Во-первых, потому что снижение численности генерации происходит постепенно на каждом году жизни. Во-вторых, не зарегистрировано ни одного заселенного баянусами квадрата, на котором после зимы не осталось баянусов (за исключением тех, на которых исходно было всего несколько баянусов). Это означает, что роль истирающего воздействия льда в условиях его незначительной подвижности оказывается несущественной в сокращении численности баянусов.

Смертность сеголеток неравномерна по квадратам трансекты, о чем свидетельствуют как непосредственные данные учета, так и высокая величина дисперсии по отношению к среднему, а также критерий относительной дисперсии (2,7), превышающие единицу. Тем не менее, эта неравномерность не связана с вариациями плотности взрослой части популяции, о чем свидетельствует невысокий коэффициент ранговой корреляции Спирмана между плотностями популяций в текущий и предыдущий годы, который превышает критический уровень лишь в 6 случаях из 48 ($p < 0,05$), причем на всех трансектах с высокой плотностью поселения (№№ 2, 52 и 55) корреляция не была обнаружена.

Между интенсивностью оседания и процентом последующей элиминации имеется значительная положительная корреляция. В то же время между концентрациями взрослых баянусов и сеголеток корреляции фактически нет, из чего следует, что оседание личинок баянусов мало связано с концентрацией взрослых баянусов. Также и элиминация взрослых баянусов не зависит от концентрации сеголеток. Однако между элиминацией и концентрацией самих взрослых баянусов слабая корреляция имеется.

Неравномерность распределения осевших баянусов по трансекте подтверждается с помощью теста Фридмана только

на трех трансектах. Эти трансекты отличаются меньшей плотностью популяции баянусов, чем на других. Индекс Кейсси степени дисперсии плотности популяции ювенильных баянусов на трансектах сильно варьирует как по трансектам, так и по годам, что свидетельствует о нестабильности различий. Индекс выше в годы интенсивного оседания.

Аналогичный результат демонстрируют коэффициенты ранговой корреляции Спирмана при попарном сравнении данных о распределении осевших баянусов по трансектам в годы пикового оседания. Значения плотности ювенильных баянусов оказываются не связанными с определенными квадратами на трансектах.

Выводы

Сравнение по пространственному распределению оседания и смертности, проведенное за восемь лет, не обнаруживает приуроченности этих процессов к каким-либо определенным местам на субстрате. Следовательно, в условиях разреженного поселения баянусов, агрегированность пространственно не закреплена, т.е. определяется в значительной мере нерегулярным сочетанием факторов. Предполагается, что существенное значение имеет тенденция к первичной агрегации циприд при оседании, не связанная долгосрочными локальными особенностями субстрата.

Исследование поддержано грантами: Минобрнауки РФ № 02.740.11.0875 и РФФИ № 11-04-00994-а.

ПРИНЦИПЫ СЕТЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ — УРОКИ ИЗУЧЕНИЯ ГИДРОИДОВ

Н.Н. Марфенин

Каф. зоологии беспозвоночных, Биологический ф-т МГУ
им. М.В. Ломоносова

В докладе обобщены результаты собственных многолетних экспериментальных исследований на ББС МГУ колониальных гидроидов, использованных в качестве природного модельного объекта целостной биологической системы низкого уровня централизации. Приведены новые факты. Открытые закономерности могут оказаться общими для широкого круга систем, таких

как: многоклеточные организмы, биологические и социальные сообщества.

Материал и методы

Гидроиды *Dynamena pumila* L. 1758, *Obelia longissima* (Pallas 1766), *Gonothyrea loveni* (Allman 1859) с Еремеевского порога Великой Салмы Кандалакшского залива Белого моря в лаборатории выращивали на стеклах 9×12 см в аквариумах при контролируемой температуре, постоянной аэрации, ежедневном кормлении науплиями Артемии и регулярной смене воды. Для регистрации роста, пульсаций и переноса пищи по колонии использовали цейтраферную видеосъемку через микроскоп при контролируемой температуре в кювете с исследуемой колонией. Статистическую обработку данных осуществляли в программе Excel.

Основные понятия

Сетевые системы — это взаимосвязанная совокупность составляющих (частей, субсистем, единиц, модулей), все разновидности которых множественны (неуникальны, мультиплицированы), ни одна из них не наделена возможностью доминировать над остальными. В сетевых системах отсутствует управляющий центр, но имеются ясные признаки целостности, эквивалентности и развития. К классу сетевых систем относятся: экосистемы, модульные организмы, социальные объединения с низким уровнем иерархических отношений.

Модульные организмы, к которым относятся все колониальные беспозвоночные, включая гидроидов, состоят только из повторяющихся составляющих (модулей), представляющих части общего тела, возникшего из одной клетки или из фрагмента родительского организма. Они отличаются от унитарных (одиночных) организмов: отсутствием неповторяющихся частей и цикличностью морфогенеза.

Модульное строение колониальных гидроидов (класс Hydrozoa) возникает в результате циклического формирования стереотипных сегментов столонов и побегов (междоузлия) с венчающими их зооидами. Модульный рост и морфогенез осуществляются в терминальных отделах разветвленного колониального тела — в «верхушках роста». Основные части колонии: гидранты, побеги, столоны, верхушки роста. Колония гидроидов — это модульный организм, развивающийся из оплодотворенной яйцеклетки или из фрагмента родительской колонии.

Обобщенные результаты

Предыдущие результаты были изложены в двух монографиях (Марфенин, 1993 а, б) и в серии статей (Марфенин, 2008, 2002, 1999, 1995, 1985; Марфенин и др., 1999; Карлсен, Марфенин, 1984).

Целостность колониального организма проявляется:

- 1) в пропорциональности строения колонии, а именно в устойчивости численного соотношения ее модулей (Марфенин, 1977);
- 2) в распределении пищи в гастроваскулярной полости по всему колониальному организму (Марфенин, 1985, 1989);
- 3) в подразделении колониального организма на зоны преимущественного роста, размножения и рассасывания, между которыми существует взаимодействие.

Пропорциональность колонии сохраняется в процессе изменения ее размеров и количества модулей (как роста, так и любого сокращения, вплоть до оперативного). Эффект морфологической эквивалентности достигается за счет компенсаторного роста столонов или побегов в зависимости от характера нарушений пропорции между основными разновидностями модулей. При недостатке гидрантов в колонии продолжается образование новых побегов на концах столонов и рост части старых при одновременном прекращении ветвления столонов. При избытке гидрантов происходит интенсивное ветвление столонов, что ускоряет прирост гидроризы.

Гидроиды питаются зоопланктоном, захватывая его щупальцами зооидов. Пища лишь частично в них переваривается и в течение часа (Марфенин, 1981) поступает в общее тело колонии (ценосарк), и далее не в ближайшие зооиды и зоны роста, а прежде всего на периферию колонии к верхушкам столонов и в ближайшие к ним молодые побеги. Физиологическая интеграция колониального организма лучше всего проявляется в доставке пищи по гастроваскулярной полости, заполненной гидроплазмой, от любых зооидов к верхушкам роста столонов, вне зависимости от места захвата добычи.

Колония гидроидов — это разветвленное через каждые 2–3 мм трубчатое тело диаметром около 0,1 мм и постепенно возрастающей протяженности вплоть до сотен и тысяч мм с общей полостью. Многочисленные ответвления заканчиваются «сле-

по», т.е. они не замкнуты друг на друга и не сообщаются с внешней средой (через ротовые отверстия зооидов вода не поступает внутрь колонии).

Перемещение гидроплазмы происходит не однонаправленно, а импульсивно: то в одном, то в противоположном направлении. Пульсации зооидов, ценосарка и верхушек роста продуцируют гидроплазматические течения (ГПТ). Пульсации выражаются в активном поперечном сжатии трубчатого тела (т.е. уменьшении просвета полости). Расширение ценосарка и гидрантов происходит пассивно в фазе релаксации — под влиянием притока гидроплазмы из других областей колонии. Несмотря на независимость пульсаций всех элементов колонии, порождаемые ими ГПТ со временем становятся регулярными и протяженными. Именно этот эффект и стал моделью для изучения закономерностей сетевой организации, что позволило установить принципы децентрализованной саморегуляции.

Установлено, что поперечные (латеральные) пульсации ценосарка в разных его частях характеризуются единым периодом с небольшими отклонениями от среднего (табл.1).

Таблица 1. Период латеральных пульсаций при 15°С верхушек роста столона и трех побегов в колонии *Gonothyræa loveni* в течение 8 час. 40 мин.

	Столон	Побег 1	Побег 2	Побег 3
Период, мин	10,8±0,8	10,9±3,6	9,3±1,9	10,3±3,0
Выборка (число периодов)	18	9	15	11
Продолжительность эпизодов, мин	236	123	121	139

Установлено, что в попеременно направленных перемещения гидроплазмы внутри трубчатого тела колонии имеется четкая ритмичность мощных, протяженных течений. Период таких течений гидроплазмы совпадает с периодом латеральных пульсаций и также характеризуется высоким постоянством.

Частицы пищи, взвешенные в гидроплазме, за счет ее течений переносятся на значительное расстояние соизмеримое с размерами всей колонии (табл. 2).

Таблица № 2. Протяженность переноса частиц по столону течениями гидроплазмы при 15°С в линейной колонии *Gonothyræa loveni*, включающей 11 побегов (суммарная длина 52 мм).

№ течения гидроплазмы	1	2	3	4	5	6	7	8
До кормления	51	29	31	46	50	50	41	
После кормления	24	23	27	26	28	24	28	28

Такие протяженные течения в разветвленном теле колонии, возможные за счет подстраивания пульсаций многочисленных гидрантов и верхушек роста к складывающемуся ритму попеременно направленных течений ГПТ (Марфенин, 1985) за счет задержки сжатия и последующего сдвига фазы пульсаций в тех случаях, когда пульсатор встречает превосходящее сопротивление направленного навстречу ему ГПТ. По результатам анализа продолжительных видеосъемок нами было установлено, что в то время как средний период латеральных пульсаций в одной из колоний *G. loveni* при 15°С часами оставался в пределах 11–13 мин (12,1±0,8 мин.), изредка происходила одна или несколько следующих друг за другом задержек сжатия на 3–4 мин., после чего ритм пульсаций восстанавливался с соответствующим сдвигом фазы на 4 мин. Этого вполне достаточно для постепенного согласования пульсаторов и нарастания протяженности ГПТ.

На примере колониальных гидроидов мы видим, что для достижения организменной целостности необходимо выполнение следующих принципов:

Принцип 1. Любая характерная часть системы представлена множеством однотипных элементов (в общем случае — модулей), ни один из которых не имеет силы господствовать над остальными (принцип «паритетности частей»).

Принцип 2. Одинаковые элементы целого (модули) функционируют на основе однотипных внутренних программ (принцип «генетического тождества»).

Принцип 3. Интеграция модулей в одну целостную систему происходит за счет спорадических корректировок действий отдельных модулей, если они не соответствуют формирующемуся аккумулятивному общему результату, превышающему их по

мощности («принцип возрастания силы действия части пропорционально ее соответствию доминирующим в системе процессам»).

Пояснение: Эффективность акта пульсации, как движителя гидроплазмы, зависит от того, насколько пульсирующий участок к моменту сжатия был заполнен гидроплазмой, что в свою очередь определяется интенсивностью притока ее из других отделов колонии. Верхушка роста или гидрант могут пульсировать независимо ни от чего, но степень влияния каждого акта пульсации на перемещение гидроплазмы определяется тем, насколько он совпадает с формирующимся течением гидроплазмы.

Принцип 4. Внутренняя дифференцировка системы достигается на основе переключений программно заданных функциональных состояний подсистем, происходящих в индивидуальном развитии, или в ответ на изменение внешних параметров, или при периодических взаимных корректировках (принцип «программирования специализации»).

Принцип 5. Устойчивая целостность системы, находящейся в неравновесном состоянии, обеспечивается, во-первых, за счет изначального тождества однотипных модулей; и во-вторых, за счет взаимной дополнителности специализированных модулей, на чем основана интеграция системы, которая возрастает по мере усиления степени дифференцировки целого (принцип «взаимозависимости частей»).

Проведенные нами многосторонние исследования целостности колониальных организмов дают все основания считать, что не жесткая регуляция, а *внутреннее (программное) единообразие, параллелизм и синхронность процессов лежат в основе целостности сложных биологических систем, представляя самостоятельный механизм внутренней согласованности процессов, который мы называем «нецентрализованным типом регуляции»*. Учитывая неспецифичный характер описанного механизма интеграции, можно предполагать, что аналогично происходит самоусиление и возрастание слаженности в других биологических и даже социальных системах.

Благодарю Д.А. Никишину и О.М. Катанову за большую помощь в проведении опытов и обработке данных.

Исследование поддержано грантом: РФФИ № 11-04-00994-а.

РЕАКЦИЯ ГРУППЫ ЦЕЛЛЮЛОЗОРАЗЛАГАЮЩИХ ГРИБОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ХОДА СУТОЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР В ПОЧВАХ

О.Е. Марфенина, А.Е. Иванова, Л.Ф. Бареева

Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова

Одной из важнейших современных экологических проблем является возможное потепление климата. По сценариям последствий этих изменений они могут влиять на почвенные условия — повышать почвенные средние температуры, уменьшать глубину промерзания почв, изменять режим влажности и т.д. Предполагают, что в большей степени последствия потепления могут проявляться в экосистемах северных и умеренных широт. Очевидно, что эти изменения могут существенно повлиять на современную структуру и функционирование почвенных организмов в зональных условиях. Грибные сообщества являются наиболее функционально значимыми компонентами почвенной биоты в лесных экосистемах. Важнейшую роль в них играют целлюлозолитические грибы, участвующие в разложении растительного опада. Целью нашей работы является анализ возможных изменений целлюлозолитического грибного комплекса в почвах при кратковременном повышении почвенных температур в полевом модельном эксперименте. В задачи исследования входило: анализ изменения суточных температур верхнего гумусового горизонта и характеристика изменений комплексов целлюлозолитических грибов при разном ходе суточных температур в полевом модельном эксперименте.

Работы проводили на территории Беломорской биостанции МГУ в июле-августе 2011 г. и 2012 г. Исследования вели на Al-Fe-гумусовом подзоле в сосняке черничном мохово-лишайниковом на 3 модельных участках: на участке с развитым почвенным покровом (в 2011–12 гг., на участке между Ботсадом и тропой к дому Н.А. Перцова), на маломощной почве (в 2011–12 гг., на горке старого Радикулита), на рекреационно нарушенном участке (в 2012 г. между студенческим общежитием и «4-мя огарками»). В полевых экспериментах по моделированию потепления климата применяли широко используемый в мировой практике метод укрытий. Для этого на опытных участках устанавливали парники площадью 1–1,4 м². Изменение температур верхнего слоя почвы в опытных и контрольных (не укрытых парниками) площадках первоначально проводили при измере-

нии термометром (1 раз в сутки), а затем с помощью термочронов iButton 1-Wire DS1921G-F5#. Для выравнивания условий влажности на опытных и контрольных площадках ежедневно осуществляли проветривание парников в течение получаса. Во время проведения эксперимента учитывали интенсивность осадков на контрольных площадках и соответствующий им объем дождевой воды вносили на опытные площадки. Для выделения группы целлюлозоразлагающих грибов использовали метод приманок. Для этого в верхний слой почвы на определенное время помещали стерильные целлюлозные диски, в виде фильтровальной бумаги, закрепленной в рамки. Приманки размещали в парнике и на контрольной площадке в начале закладки эксперимента. Длительность экспозиции целлюлозных приманок в почве в 2011 г. была 10–14 дней и 21–45 дней в 2012 г. Повторность приманок на каждой площадке 10-кратная. После изъятия приманок их слегка подсушивали на воздухе и размещали на питательную среду (Гетчинсона без целлюлозы) для «проявки» заселенности грибами. Затем проводили изоляцию и идентификацию грибов. Оценивали площадь заселения приманок мицелием, общее видовое разнообразие грибов, их частоту встречаемости, для доминирующих видов рассчитывали относительную долю в площади заселения приманок. В 2012 г. через 3 недели эксперимента проводили оценку заселенности приманок мицелием грибов на развитом Al-Fe-гумусовом подзоле при просмотре под биноклем Leika по 5 пластинок в каждого варианта, увеличение 10×10.

В экспериментах 2011 г., в исследованный период в контроле среднесуточные температуры были 12,6±1,0°C, а в парнике 16,2±1,6°C. Максимальные почвенные температуры в контроле в солнечные дни достигали 20°C, а в парнике даже более 30°C. Суточные амплитуды почвенных температур в парнике были больше в 2 раза, чем в контроле. В 2012 г. начало эксперимента (во второй половине июля — августе) пришлось на период теплой солнечной сухой погоды. Средние почвенные температуры контрольной и экспериментальной площадок были, соответственно, 16,8±1,2°C и 19,5±1,3°C, различие почвенных температур составило 2,6±0,8°C. Однако во второй половине эксперимента в августе погода сменилась на холодную пасмурно-дождливую, в этот период среднесуточные температуры почв и в контроле, и в парнике не различались и составили 10,6±0,6°C.

При этом среднесуточные амплитуды почвенных температур в парнике (4,2±0,9°C) были даже на 0,5°C меньше, чем в контрольной почве (4,8±0,9°C). Максимальные и минимальные температуры почв достигали, соответственно, значений: в контроле — 16,5° и 6,0°C, в парнике — 16,0 и 6,5°C. В таких погодных условиях почвы под парником оставались более прогретыми. Максимальные почвенные температуры на исследованных участках преимущественно отмечаются в 12 часов дня.

В результате анализа полученных данных, было очевидно, что изменение хода суточных температур и больший прогрев почвы может оказывать влияние на развитие группы почвенных грибов, разлагающих целлюлозу. В экспериментах 2011 г. площадь заселения грибами целлюлозных приманок в конце эксперимента в парниках была в среднем в 1,5 раза выше, чем в контроле. В этом более кратковременном эксперименте существенных отличий по составу и встречаемости доминирующих видов между парником и контролем не было выявлено. В обоих вариантах абсолютно доминировал вид *Alternaria tenuissima*. Однако значительные отличия между парником и контролем выявлялись по присутствию грибов класса Zygomycetes. В контроле представители Zygomycetes встречались случайно. Однако в варианте под парником резко возрастала частота встречаемости (> 60%) и обилие вида *Mortierella alpina*.

В 2012 г. после 3 недель экспозиции целлюлозных приманок был проведен микроскопический контроль их заселения мицелием грибов. Оказалось, что в прогреваемом варианте под парником общая длина мицелия, развившегося на целлюлозной приманке, была почти на порядок ниже, чем в контроле. Отмечали преимущественно рост меланизированного мицелия с плотной оболочкой и хорошо выраженной септированностью. Так как на отдельных гифах мицелия отмечены пражки, то частично это может быть мицелий базидиальных грибов. И, следовательно, по первичным данным, их развитие в эксперименте с измененным ходом температур в исследованные сроки шло несколько хуже.

Результаты, полученные в 2012 г. по развитию микроскопических грибов на целлюлозных приманках при более длительной экспозиции в почве, отчасти подтвердили данные 2011 г., но показали более выраженные различия эксперимента и контроля. В целом, для группировки целлюлозолитических грибов

в Al-Fe-гумусовом подзоле было характерно высокое (около 20%) обилие зигомицетов – главным образом, благодаря присутствию видов рода *Mortierella* (*M. isabellina*, *M. alpina*). Относительно обилие темноокрашенных грибов составляло 28–40%. Как доминирующие и типичные виды можно отметить *Alternaria alternata*, *M. isabellina*, *Acremonium strictum*, *Verticillium fusisporum*, *V. lecanii*. В конце эксперимента под парником отмечено увеличение площади заселения мицелием микроскопических грибов целлюлозных приманок до 90%, что на 25–35% больше по сравнению с контролем, где мицелий покрывал чуть более 2/3 площади приманок. В то числе, это могло быть связано с развитием быстрорастущих микромицетов. В парниках одновременно регистрировали возрастание (в 1,5–2 раза) общего видового разнообразия микроскопических грибов, за счет присутствия видов родов *Trichoderma*, *Acremonium*, *Fusarium*, *Trichothecium roseum*, а также зигомицетов из родов *Piptopezalum*, *Zygorhynchys*, *Mucor*, *Cunninghamella*. При этом выявлено существенное изменение в структуре группы целлюлозолитических грибов: резко уменьшилось обилие и иногда частота встречаемости доминировавших в контроле видов *A. alternata*, *M. isabellina*, *Verticillium spp.*, В парниках доминантами по встречаемости и обилию (по 15–20%) стали виды *Clonostachys rosea*, *Humicola grisea* — минорные в контроле. В экспериментах 2012 г. коэффициенты сходства (по Сьеренсену-Чекановскому) между группировками целлюлозоразлагающих грибов, развивающихся в контроле и эксперименте, были низки — Ксх=0,28.

Таким образом, по предварительным данным в экспериментах, моделирующих потепление климата, показано, что даже сравнительно кратковременное (1,5 месячное) изменение хода суточных почвенных температур влечет за собой перестройку группы микроскопических целлюлозолитических грибов, увеличение их видового разнообразия, усиление колонизации ими субстрата. Пока не совсем ясна возможная реакция группы базидиальных грибов. Но очевидно, что повышение почвенных температур в условиях Севера может приводить к изменениям функционирования почвенной микобиоты, что необходимо выяснять в дальнейших исследованиях.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 11-04-00857а).

ДИНАМИКА ВОД И ВЗВЕСИ В ГУБЕ ЧУПА КАРЕЛЬСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТАДИИ ПРИЛИВООТЛИВНОГО ЦИКЛА

М.В. Митяев, М.В. Герасимова

Мурманский морской биологический ин-т КНЦ РАН

В последние годы в прибрежной зоне Белого моря проводятся исследования влияния приливоотливных циклов на природные процессы. Это вызвано тем, что в прибрежной зоне состав морских вод подвержен сильным пространственно-временным изменениям.

Наблюдения проводились на базе ББС «Картеш» в бухте Круглая губы Чупа Карельского побережья Белого моря в летне-осенний период 2009 г. с борта резиновой шлюпки. Изменялись температура, соленость морской воды и содержания в ней взвешенного вещества (ВВ). Работы велись: 6–25 июня, с 19 июля по 4 августа и 11–23 сентября. Наблюдения проводились ежедневно в строго фиксированном месте и времени суток, вследствие чего постоянно изменялась фаза прилива-отлива. Пробы с поверхности воды отбирались в пластиковую емкость объемом 2 л, из придонного горизонта — пластиковым батометром объемом 1,5 л. В лабораторных условиях пробы воды фильтровались под вакуумом через предварительно взвешенные ядерные фильтры с размером пор 0,45 мкм и диаметром рабочей поверхности 47 мм.

Погодные условия периода работ

Погодные условия за весь период исследования характеризовались:

- 1) повышением температур воздуха от первого этапа работ ко второму с последующим понижением в третьем этапе;
- 2) уменьшением количества атмосферных осадков и часов солнечного сияния от первого этапа к третьему;
- 3) сменой преобладающего направления ветров с южных румбов на восточные, а затем на западные;
- 4) ослаблением скорости ветра от первого этапа ко второму с последующим усилением в третьем этапе.

Погода первого этапа наблюдений можно охарактеризовать как прохладная, дождливая и слабо ветреная. Средняя

температура воздуха составила почти 10°C. В целом дули ветра южных румбов, при средней скорости ветра менее 3 м/с, полный штиль фиксировался 15% времени. Зафиксирован суточный шторм и два дня сильного волнения моря (высота волн 0,7–1 м). Количество атмосферных осадков около 36 мм. Более 60% времени шли дожди. Солнце светило около 9,5 часов в день.

Погода второго этапа наблюдений была теплой, сухой и безветренной. Средняя температура воздуха составила почти 15°C. В целом дули ветра восточных румбов, при средней скорости ветра около 2 м/с, полный штиль фиксировался 90% времени. Двое суток ветровое волнение достигало 0,5–0,7 м. Количество атмосферных осадков около 20 мм. В среднем солнце светило около 7 часов в день.

Погода третьего этапа наблюдений была прохладной, сухой и слабо ветреной. Средняя температура воздуха составляла почти 9,5°C. В целом дули ветра западных румбов, при средней скорости ветра около 3 м/с. Полный штиль фиксировался 20% времени. Трое суток ветровое волнение достигало 0,8–1 м. Количество атмосферных осадков менее 10 мм. Солнце светило 6 часов в день.

Гидрологические особенности периода работ

В целом температура водной толщи повышалась от начала июня к августу с последующим понижением в сентябре, соленость — понижалась от июня к августу, а затем возрастала в сентябре.

Температура поверхностного слоя воды в первый этап наблюдений постепенно повышалась от конца первой декады месяца до конца второй декады, затем произошло понижение температуры воды, с последующим повышением и, достигнув 12,5°C, она не менялась. Соленость поверхностного слоя воды понижалась от начала этапа к его завершению, но наблюдались суточные изменения солёности до 2,5‰. В придонном слое воды в первый этап наблюдений происходило повышение температуры с 4 до 9°C и понижение солёности с 24,8 до 22‰. В начале этапа разница температур между поверхностным и придонным горизонтами составляла 5,6°C, солёности — 4,4‰, в конце — 3,5°C и 1,8‰, что свидетельствует о перемешивании водных толщ.

Во второй этап наблюдений температура поверхностного и придонного слоев воды в целом постепенно повышались от начала этапа к его завершению. В начале этапа разность температур между поверхностным и придонным горизонтом составляла 6,5°C, в конце — менее 3°C. Солёность поверхностного и придонного горизонтов воды уменьшались от начала этапа к его окончанию. В начале и конце этапа разность в солёности воды между поверхностным и придонным слоями воды составляла 1,7‰, а в середине этапа — 4‰. Вероятно, от начала до середины этапа шел процесс стратификации водной толщи, в конце — перемешивание водных масс.

В третий этап температура поверхностного и придонного слоев воды постепенно понижалась от начала этапа к концу. Солёность поверхностного слоя воды уменьшалась от начала этапа к его окончанию, а придонного горизонта — увеличивалась от начала этапа к его окончанию. В начале этапа разность температур и солёности между поверхностным и придонным слоями воды составляли 0,6°C и 0,9‰, а в конце — 3,6°C и 4,5‰. Возможно, от начала этапа к его окончанию шел процесс стратификация водной толщи.

Таким образом, как от этапа к этапу, так и в течение самих этапов происходило изменение температур и солёности водных масс. Во все этапы постоянно фиксировалась стратификация водной толщи, отмечаются периоды перемешивания водных масс, когда различия между поверхностным и придонным горизонтом практически исчезали, но формирование единой водной толщи не происходило.

Содержание взвешенного вещества

Содержание ВВ изменялось довольно значительно от 0,46 до 1,86 мг/л. Среднее содержание ВВ по всей водной толщине составляет 0,84 мг/л, в фазу отлива — 0,92 мг/л, а в фазу прилива — 0,75 мг/л. От первого этапа наблюдений ко второму происходило повышение среднего содержания ВВ с последующим понижением в третьем этапе. В первом и третьем этапах содержание ВВ на поверхности воды было ниже, чем в придонном горизонте, а во второй этап в придонном горизонте воды содержание ВВ было ниже, чем в поверхностном слое воды.

В первый этап наблюдений содержание ВВ в поверхностном горизонте воды было в среднем на 19% ниже, чем в придонном горизонте. В фазу отлива в поверхностном слое воды среднее содержание ВВ составляло 0,95 мг/л, в придонном — 1,14 мг/л, в фазу прилива — 0,64 мг/л, и 0,85 мг/л соответственно. Второй этап наблюдений характеризовался высоким содержанием ВВ в поверхностном горизонте воды, и низким в придонном слое (разница в среднем составляет 33%). В фазу отлива в поверхностном слое воды среднее содержание ВВ составляло 1,01 мг/л, в придонном — 0,68 мг/л, в фазу прилива — 0,98 мг/л, и 0,63 мг/л соответственно. Во второй этап наблюдений, в конце суточного ливня, когда морская вода приобрела коричневатый оттенок, зафиксировано максимальное содержание ВВ 1,86 мг/л для всего периода исследований. В третий этап наблюдений содержание ВВ было минимальным для всего периода работ. В поверхностном горизонте фиксировалось более низкое содержание ВВ в среднем на 25–27%, чем в придонном слое. В фазу отлива в поверхностном слое воды среднее содержание ВВ составляло 0,74 мг/л, в придонном — 1,01 мг/л, в фазу прилива — 0,59 мг/л, и 0,75 мг/л соответственно.

Таким образом, содержание ВВ в летне-осенний период 2009 г. характеризовалось одной важной, постоянно проявляющейся закономерности — в фазу отлива содержание ВВ повышалось. Подобная закономерность нарушает общепризнанное мнение, что в фазу прилива приносится ВВ больше, чем его может быть вынесено обратно в море в отлив. Нарушение подобной закономерности для Белого моря отмечал Ю.С. Долотов с соавторами (2005), но подобное явление они связывали с выносом большого количества ВВ реками. В нашем случае в бухту, где проводились наблюдения, не впадает ни одного водотока. Следовательно, поставка вещества осуществляется другими процессами (плоскостным смывом и абразией).

Валовой запас ВВ над 1 м² морского дна в среднем за весь период наблюдения составлял 16,9 г/м², изменяясь от 12,8 до 25,4 г/м². В фазу отлива средний валовой запас ВВ составлял 17,7 г/м², а в фазу прилива — 16,0 г/м². В первом этапе наблюдений валовой запас ВВ в фазу отлива на 20% больше, чем в фазу прилива, а во втором и третьем этапах работ эта разница не превышала 2–3%. Валовой запас ВВ постепенно уменьшался, от первого этапа работ к третьему. Вероятно, это свиде-

тельствует об уменьшении поставки осадочного вещества с суши в течение летне-осеннего периода. Возможно, в первый этап наблюдений еще сказывался весенний сход снежного покрова, который активизировал процессы поставки осадочного вещества с суши.

Содержание ВВ в поверхностном горизонте воды имеет слабую положительную корреляционную связь с температурой воды и слабую отрицательную корреляционную связь с соленостью воды, скоростью ветра и количеством атмосферных осадков (коэффициент корреляции Спирмана (r_s) 0,61; –0,44; –0,39 и –0,53 соответственно при 48 степенях свободы и уровне значимости 0,99). По-видимому, приток пресных вод с суши при отсутствии ветрового перемешивания морской воды ведет к повышению температуры и понижению солености поверхностного слоя воды и увеличению в ней частиц не способных погружаться в более плотные морские воды.

В придонном горизонте воды содержание ВВ имеет слабую положительную корреляционную связь с соленостью воды (r_s =0,66, при 9 степенях свободы и уровне значимости 0,95), и отрицательную корреляционную связь с температурой воды (r_s = –0,69, при 9 степенях свободы и уровне значимости 0,95). Следовательно, в более плотных холодных водах концентрируется большее количество ВВ.

Выводы

1. В летне-осенний период 2009 г. постоянно фиксировалась стратификация водной толщи.
2. В прибрежной зоне главным фактором определяющим соленость, температуру воды и содержание в ней ВВ является приливоотливный цикл. В фазу отлива повышается температура, уменьшается соленость воды и увеличивается содержание ВВ, как в поверхностном, так и в придонном горизонтах, что дает основание предположить, что основная масса ВВ поставляется с берега, а не со стороны моря.
3. На фоне приливоотливного цикла метеоусловия слабо влияют на концентрацию ВВ. Из наиболее существенных можно отметить — количество атмосферных осадков и скорость ветра.
4. Валовой запас ВВ в толще воды мало зависит от фазы приливоотливного цикла, для каждого этапа эта величина была достаточно постоянной. Вероятно, в первый этап наблюдений

поставка вещества в бухту превалировала над аккумуляцией и выносом материала, в последующие этапы поставка вещества уменьшается, а транзит и аккумуляция материала остаются на том же уровне, что ведет к уменьшению валового запаса ВВ.

МОРСКИЕ И ПРИБРЕЖНЫЕ ООПТ: АНАЛИЗ ТЕМ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

В.О. Мокиевский¹, Н.Г. Николаева²

1 — Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2 — Русское общество сохранения и изучения птиц им. М.А. Мензбира

Одной из важнейших задач заповедников и национальных парков является проведение научных исследований по широкому кругу проблем. За многолетнюю историю своего существования заповедниками РФ накоплен большой опыт в реализации различных направлений научной деятельности, однако, большая часть его основана на опыте изучения наземных экосистем и видов. Исследование морских и прибрежных экосистем имеет ряд принципиально важных отличий в методологии и методики проведения научных исследований.

Анализ материалов Летописей природы, научных отчетов и публикаций, анализ направлений и тематики исследований морских и приморских особо охраняемых природных территорий (МПООПТ) с точки зрения соответствия целям и специфики МПООПТ выявил пробелы в изучении прибрежных зон, связанные как с научно-методическим, так и организационно-техническим обеспечением научных исследований на МПООПТ. Было показано, что распределение усилий между разными направлениями очень неравномерно. Практически во всех морских заповедниках с большей или меньшей полнотой проводятся орнитологические исследования, во многих заповедниках проводятся исследования морских млекопитающих. Ихтиологические работы ведутся с меньшей интенсивностью. В то же время работ, посвященных морским беспозвоночным планктона и бентоса, а также работ по альгологии очень мало.

Направления исследований были сгруппированы по большим темам:

1) ботанические исследования, в том числе: исследования наземной (в т.ч. — прибрежной) флоры; — исследования структуры наземной (в т.ч. — прибрежной) растительности; исследования морской и эстуарной альгофлоры; изучение структуры водорослевого пояса;

2) гидробиологические исследования, в том числе: исследования планктона морских и эстуарных зон (включая дельты рек); исследования бентосных сообществ морских и эстуарных зон (включая дельты рек);

3) ихтиологические исследования в море и эстуарной зоне (включая изучение биологии проходных рыб);

4) исследования морских млекопитающих;

5) морские орнитологические исследования (включая изучение птиц побережий).

При анализе учитывали как собственные исследования сотрудников заповедников, так и работы, выполняемые сторонними организациями. В процессе анализа принимали во внимание любые работы, выполнявшиеся на акватории заповедников и соответствующие указанной тематике за десятилетний период. Даже при таком расширенном подходе очевидна неравномерность распределения усилий и показаны пробелы в сборе информации, касающейся морской альгофлоры, структуры сообществ водорослей и морских трав, структуры и состава сообществ планктона и бентоса. Если орнитологические исследования проводились почти в 100% изученных заповедников, а исследования морских млекопитающих более чем в 80%, то доля ботанических и гидробиологических исследований оказалась существенно меньшей (в пределах 20% и 50% соответственно). Причем регулярные и подробные гидробиологические исследования проведены лишь в 2 из 17 изученных заповедниках. В остальных случаях исследования были либо немногочисленными, либо нерегулярными.

В то же время, именно на сообщества планктона и бентоса приходится основная доля видового разнообразия флоры и фауны морских вод. В количественном отношении позвоночные животные и высшие растения представляют в морских экосистемах ничтожно малую часть общего разнообразия.

Мы полагаем, что на будущее задачами морских и прибрежных заповедников в части изучения морских экосистем являются:

1) изучение видового состава флоры и фауны заповедных акваторий и прилегающих районов моря (инвентаризация морской биоты);

2) изучение пространственного распределения основных типов сообществ пелагиали и бентали;

3) выявление и описание районов концентрации позвоночных животных на охраняемой акватории и побережьях;

4) мониторинг сезонных и многолетних изменений в составе и структуре показателей морских экосистем и ключевых видов;

5) изучение биологии редких, охраняемых, хозяйственно ценных и экологически значимых видов морской биоты, их жизненных циклов, особенностей пространственного размещения, устойчивости к антропогенному воздействию, разработка рекомендаций по охране видов с учетом их биологии;

6) изучение причин значимых изменений состояния охраняемых объектов (популяций, сообществ), зафиксированных в ходе осуществления мониторинга и прогнозирование ожидаемых дальнейших изменений; разработка методов мониторинга, методов и рекомендаций по сохранению и восстановлению охраняемых популяций и сообществ;

7) фундаментальные исследования биологии и экологии редких и особо значимых видов морской фауны, структуры и экологии морских сообществ.

Выполнение этих задач возможно двумя путями — введением в научный штат морских заповедников и национальных парков специалистов-гидробиологов или через организацию сотрудничества со специализированными научно-исследовательскими учреждениями.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ РЕВИЗИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА

Т.В. Неретина¹, Г.Д. Колбасова¹, Н.С. Мюге²

1 — Биологический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, 2 — Ин-т биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН

В настоящее время молекулярно-генетические методы широко применяются в зоологических, биогеографических и экологических исследованиях. Они становятся абсолютно необходимыми

для определения межвидовых границ и разделения между собой близких видов. Особенно важным представляется их использование в морской биологии при изучении видов, имеющих широкое распространение и встречающихся в различных удаленных друг от друга морских системах, при выявлении криптических видов и, наоборот, видов-космополитов. Высокая пластичность в сочетании с бедностью морфологических признаков одних групп морских беспозвоночных животных и, напротив, значительное морфологическое разнообразие представителей одних и тех же видов, принадлежащих к другим группам, делает невозможным их изучение без применения молекулярно-генетических методов.

В 2008 г. на Беломорской Биостанции МГУ была организована молекулярно-генетическая лаборатория, первоначальной целью которой являлось проведение практических занятий по применению молекулярно-генетических методов в зоологии и помощь специалистам в области морской биологии в решении конкретных задач, для которых подобные методы были необходимы. Позднее на основе этой деятельности и с возникновением новых возможностей связанных с участием ББС в проекте А.С. Кондрашова «Эволюционная геномика» (1047796287440) возникла идея проведения генетической ревизии морских беспозвоночных Кандалакшского залива. Беломорская биостанция МГУ — морской стационар на котором в течение последних 60 лет проводятся исследования морской биологии и изучается биота Кандалакшского залива Белого моря. Создан каталог биоты Белого моря. Издан атлас флоры и фауны Белого моря. Таким образом, чрезвычайно интересной задачей представляется сравнение результатов, полученных с использованием молекулярно-генетических подходов с данными классической морфологии. Применение молекулярных маркеров позволит решить многие, до сих пор остающиеся нерешенными проблемы систематики ряда групп беспозвоночных животных. Кроме того, анализ данных, полученных при применении митохондриальных и ядерных маркеров, позволяет провести сравнение животных-представителей одного вида, собранных в разных морях, для которых показана заметная разница в размерах (так называемая «карликовость» беломорских видов).

С целью осуществления подобного проекта в 2010 г. были начаты сбор материала и создание коллекции беспозвоночных

животных. В настоящее время эта коллекция насчитывает более 2800 экземпляров. В создании этой коллекции и в ее оформлении неоценимую помощь оказали многие студенты, проходившие практику на ББС, руководители этих практик и многие специалисты по разным группам беспозвоночных. Каждый экземпляр в коллекции сфотографирован, проведена его видовая идентификация и все данные о точных координатах места сбора, времени сбора и пр. занесены в таблицы. Для возможности сравнения данных, полученных молекулярно-генетическими методами для животных — обитателей Кандалакшского залива Белого моря с данными, полученными для животных, считающихся представителями тех же видов, но обитающих в других морях (Баренцево море, Карское море) в ходе рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» в Карское море в 2011 г. были собраны и зафиксированы в спирте сборы представителей видов, обитающих как в Белом, так и в Карском морях

Молекулярно-генетические исследования собранных объектов состоят в следующем:

- ДНК-баркодинг представителей массовых видов, обитающих в Кандалакшском заливе Белого моря (см список биоты Белого моря);
- получение сиквенсов фрагментов по крайней мере одного ядерного гена (как правило, фрагмента гистона H3 изучаемых объектов);
- дополнительное изучение, со сбором большего числа образцов и привлечением дополнительных маркеров представителей тех видов, для которых данные, полученные молекулярно-генетическими методами, отличаются от результатов, полученных при изучении морфологии.

В настоящее время этот проект еще далек от завершения. Однако уже на данном этапе получены интересные результаты.

1. При сравнении данных по ДНК-баркодингу так называемых видов-карликов, таких как *Oweniafusiformis* (Oweniidae), *Travisiaforbesii* (Flabelligeridae), *Ophelialimacina* (Opheliidae) с базой данных IBOL и GenBank показано, что нуклеотидные последовательности фрагмента CO1 беломорских представители этих видов очень мало отличаются (не более 1,5% замен) от видов, обитающих в других морях. Таким образом, явление карликовости беломорских видов, очевидно связано лишь с низкой

соленостью Белого моря и, несмотря на некоторую разницу в размерах и морфологии, беломорские обитатели генетически идентичны своим заокеанским родственникам.

2. Одно из классических следствий применения молекулярных методов в зоологии и ботанике — выявление видов-двойников. В ходе исследований мы действительно обнаружили несколько таких пар. Две из них стали полной неожиданностью для зоологов-систематиков. Как правило, мы находили различия в митохондриальной и ядерной ДНК представителей тех видов, у которых зоологи с самого начала подозревали наличие «двойников». Типичный пример — многощетинковый червь рода *Scoloplos*. Хотя считалось, что в Белом море существует только один вид этого рода — *S. armiger*, А.Э. Жадан, изучавшая его на основании морфологических данных, предполагала наличие двойника, занимающего иную экологическую (*S. acutus*). Сравнение последовательностей фрагментов нескольких ядерных и митохондриальных генов у двух предполагаемых видов не только подтвердило выводы морфолога, но и привело к выявлению третьего вида. Если между *S. acutus* и *S. armiger* морфологические различия найдены, то третий вид пока морфологически неотличим от *S. armiger*. Совершенно неожиданным для зоологов оказалось существование двух внешне неразличимых и, видимо, обитающих практически в одном и том же месте представителей многощетинкового червя *Terebellides stroemi*. Полученные для них характеристики неопровержимо доказывают, что представители рода *Terebellides* в Белом море относятся к двум различным видам — один из них хорошо известен и обитает во многих морях, а другой найден пока только в Белом.

3. По данным ДНК-баркодинга в Белом море обнаружено два вида полихеты *Lumblinereis fragilis*. Эти данные подтверждаются сиквенированием фрагментов других митохондриальных генов (16S, CytB). Однако при сравнении последовательностей ядерных генов (гистон H3, 18S, 28SДНК, ITS1 и ITS2) представители этого вида, различающиеся по митохондриальной ДНК, оказываются абсолютно идентичными. Таким образом, видимо, показано наличие митохондриальной интрогрессии между *Lumblinereis fragilis* и другим представителем этого рода. Подобное явление для морских беспозвоночных, видимо, показано впервые.

В дальнейшем предполагается продолжить генетическую ревизию беломорской биоты, а также сбор материала на Баренцевом и других морях бассейна Арктики с последующим молекулярно-генетическим исследованием собранных образцов.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И ЖИЗНЕННЫЕ ЦИКЛЫ
МОРСКИХ КЛЕЩЕЙ ЛИТОРАЛЬНЫХ ФУКОИДОВ В ОКРЕСТНОСТЯХ
ББС

М.П. Никитина

Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Цель данной работы — изучить сезонную динамику численности морских клещей на литоральных фукоидах Белого моря, выявить и описать жизненные циклы для тех клещей, у которых они не известны, у прочих сравнить с жизненными циклами клещей других регионов.

Исследования проводились летом 2002 г. и с октября по июнь 2008–2009 гг. Летняя динамика численности 2002 г. изучалась на 14 пробах, в сезон 2008–2009 гг. мы собрали 10 проб. Пробы в обоих случаях собирали одним методом: таллом водоросли на литорали помещали в пластиковый пакет, с фиксированного или нефиксированного спиртом субстрата смывали клещей, помещали на препараты и рассматривали под микроскопом.

В течение всей сезонной съемки на литорали было обнаружено 10 видов галакарид, из них 3, встречавшиеся 1 раз за сезон, мы в данной работе не рассматриваем. Летом на литоральных фукоидах массовыми являются три вида галакарид: *Halacarellus balticus*, *Thalassarachna basteri* и *Rhombognathides seahami*. Они же доминируют по численности и зимой. Кроме них, встречаются *Rhombognathides mucronathus*, *Th. hexacantha*, *Halacarellus* sp.1 и *Rh. pascens*.

Общая численность клещей на литорали (на 100 г водоросли) достигает максимума в августе, к зиме снижается и достигает минимума в апреле. Численность трех массовых видов литоральных галакарид (*Rh. seahami*, *Th. basteri*, *H. balticus*) меняется таким же образом — максимум в августе и минимум в апреле. *Halacarellus* sp.1 был встречен в конце августа, максималь-

ной численности достиг в октябре, в незначительном количестве присутствовал на литорали и зимой, однако в середине лета отсутствовал. *Th. hexacantha* — массовый обитатель сублиторали, на литорали был встречен в основном зимой, максимальное среднее количество отмечено в январе, в весьма незначительном количестве был встречен весной и летом. Сходным образом менялась и численность *Rhombognathus pascens*. Максимальное количество *Rhombognathus mucronathus* мы наблюдали в январе, к лету его численность на литорали падала.

Жизненный цикл *Rhombognathides seahami*. На литорали Белого моря личинки *Rh. seahami* наблюдались постоянно, за исключением апреля, с максимумом численности в августе. Все прочие стадии развития присутствовали в популяции круглый год, причем максимумы численности приходятся на начало августа (протонимфы), конец августа (дейтонимфы), и начало августа (взрослые). Жизненный цикл этого вида изучал Ж.О. Страаруп (1968) в окрестностях Копенгагена, им отмечено, что личинки присутствовали в популяции только с января по август, протонимфы с января по октябрь, дейтонимфы и имаго присутствуют круглый год.

Жизненный цикл *Halacarellus balticus*. На литорали Белого моря в апреле присутствуют только взрослые особи *H. balticus* в крайне незначительном количестве. Уже в июне мы видим в популяции и ювенией, и достаточное количество взрослых особей, при этом личинки почему-то появляются позже — только в июле. Максимумы численности всех ювениейных стадий приходятся на август, а взрослых — на октябрь. Известно (Green, MacQuitty, 1987), что размножение этого вида носит сезонный характер. Ж.О. Страаруп (1968), отмечал, что в начале лета имеет место некоторый рост численности, причем в основном за счет ювенией, взрослые отсутствуют летом и в начале осени, что также наблюдалось другими авторами (Andre, 1946; Viets, 1927с, цит. по Straarup, 1968).

Жизненный цикл *Thalassarachna basteri*. В литературе (Green, MacQuitty, 1987) отмечен сезонный тип размножения этого вида. Откладка яиц происходит зимой, и после непродолжительной личиночной стадии следуют долгоживущие нимфальные. В этот период (лето-начало осени) многие авторы отмечают полное отсутствие взрослых особей в популяции (предыдущее поколение уже погибло, а молодое еще не вырос-

ло) (Соколов, 1952; Страаруп, 1968; Andre, 1946; Viets, 1927c; Lohmann, 1893, цит. по Straarup, 1968; Кирхнер, 1969; Фитс, 1928; Маккавеева, 1961, цит. по Маккавеева, 1966).

На литоральных фукоидах Белого моря полное отсутствие взрослых особей наблюдалось только в начале августа — к концу месяца имаго вновь присутствовали в популяции, причем максимумов численности мы обнаружили два — в октябре и в начале июня. Личинок, которые в литературе неоднократно были признаны достаточно короткоживущими стадиями, мы наблюдали в течение сезона дважды — в январе и в июле-августе. Согласно литературным данным, мы ожидали увидеть недолгий период, когда популяция состоит исключительно из взрослых особей, зимой, в январе-феврале. И такой период был обнаружен — но не зимой, а в апреле. И к концу июня в популяции уже были все нимфальные стадии и имаго, но не наблюдалось личинок.

Жизненный цикл *Rhombognathus pascens*. Нимфальные стадии наблюдались в октябре-январе, взрослые с января по июнь. В июле-августе, когда у большинства видов наблюдается всплеск численности, этот вид отсутствует на литорали.

Жизненный цикл *Th. hexacantha*. Поскольку этот вид весьма многочислен в сублиторали, изучить его жизненный цикл, рассматривая только литоральные пробы, невозможно. Однако нами была отмечена интересная особенность жизненного цикла этого вида — отсутствие дейтонимфальной стадии. Подобное явление встречается у некоторых представителей этого рода.

На литорали численность этого вида стабильно растет от конца августа к январю и резко падает в апреле. Летом на литорали могут встречаться единичные особи этого вида.

Жизненный цикл *Halacarellus* sp.1. В середине лета этот вид на фукоидах литорали нами не обнаружен, в конце августа встречены личинки. В октябре мы видим пик численности, который создают нимфальные стадии и взрослые особи, личинки уже отсутствуют. Протонимфы после октября не наблюдаются, дейтонимфы и взрослые особи присутствуют до июня.

Таблица 1. Численность возрастных стадий морских клещей на фукоидах литорали в окрестностях БС (шт./100 г влажного веса водоросли).

Вид	Стадия	2002				2008		2009	
		начало июня	начало июля	начало августа	конец августа	октябрь	январь	апрель	конец июня
<i>Rh. seahami</i>	L	0,68	0,8	71,6	12,01	25,46	22,25	0	7,55
	NI	4,15	23,73	155,39	26,02	62,97	57,67	6,26	10,98
	NI	13,87	17,31	90,31	186,25	123,08	42,66	7,16	33,28
	AD	105,34	103,59	133,95	62,21	46,68	16,78	3,13	76,82
<i>H. balticus</i>	L	0	3,21	61,79	11,9	0	1,09	0	0
	NI	5,22	8,03	24,27	18,56	16,96	8,74	0	4,16
	NI	1,05	7,94	180,55	22,25	11,31	5,46	0	18,32
	AD	17,07	17,27	30,43	5,29	39,59	19,57	0,44	29,27
<i>Th. basteri</i>	L	0	2,38	9	0	0	1,09	0	0
	NI	5,3	8,83	16,89	10,5	22,62	10,71	0	20,05
	NI	5,63	11,66	129,88	9,31	28,28	4,37	0	6,67
	AD	2,12	11,18	0	5,32	22,62	1,09	2,23	35,09

L — личинки, NI — протонимфы, NI — дейтонимфы, AD — взрослые особи.

Таблица 1.

Продолжение.

Вид	Стадия	2002				2008	2009		
		начало июня	начало июля	начало августа	конец августа		январь	апрель	конец июня
<i>Rh. pascens</i>	L	0	0	0	0	0	0	0	0
	NI	0	0	0	0	0	8,3	0	0
	NIJ	0	0	0	0	6,14	0,79	0	0
	AD	1,05	0	0	0	0	2,07	2,23	0
<i>Th. hexacantha</i>	L	0	0	0	0	5,65	0	0	0
	NI	0	0,46	0	2,6	0	4,37	0	0
	NIJ	0	0	0	0	0	0	0	0
	AD	0	0,93	0	0	0	4,37	0,44	0
<i>H. sp.1</i>	L	0	0	0	1,3	0	0	0	0
	NI	0	0	0	0	5,65	0	0	0
	NIJ	0	0	0	0	28,28	1,09	0	6,63
	AD	0	0	0	0	11,31	4,15	2,68	4,2
<i>Rh. mucronathus</i>	L	0,86	0	0	0	0	0	0	0
	NI	0,86	0	0	0	0	0	0	0
	NIJ	1,72	1,4	0	6,51	0	1,09	1,39	0
	AD	26,42	0	0	0	19,78	29,92	15,76	0

Жизненный цикл *Rhombognathus mucronathus*. У этого вида полный спектр стадий развития отмечен в начале июня, далее в течение лета на литорали изредка встречаются дейтонимфы, в ноябре появляются взрослые особи, пик численности которых мы наблюдаем в январе.

Между описанными в литературе особенностями жизненных циклов некоторых видов, и наблюдаемыми нами на литорали Белого моря, имеются существенные различия. Отличаются сроки появления личинок в популяции (*Rh. seahami*, *Th. basteri*), нимфальных стадий, в другое время наблюдались максимумы численности взрослых особей: у *Rh. seahami* из Белого моря — в августе, в окрестностях Копенгагена — в январе. Различаются периоды отсутствия взрослых особей: у *H. balticus* многие авторы наблюдали этот период летом, в то время как на Белом море они присутствуют круглый год, для *Th. basteri* отмечали отсутствие взрослых особей с мая-июня по сентябрь-октябрь, но у беломорских представителей вида взрослые особи не наблюдались только в начале августа.

Общие особенности жизненных циклов беломорских клещей. Три массовых литоральных вида морских клещей активно размножаются летом, зимой их численности падает, но не до нуля, при этом у размножающегося круглогодично *Rh. seahami* личинки появляются весь год кроме апреля, с максимум численности зимой. Два вида (*Th. basteri*, *H. balticus*), для которых предполагается сезонное размножение, выводят личинок в июле-августе, но единичные личинки у обоих видов встречаются и в январе. Оставшиеся четыре вида, из которых *Th. hexacantha* известный массовый сублиторальный вид, а прочие на литорали встречаются сравнительно редко, имеют сходную динамику численности: максимум численности зимой, отсутствие летом. Личинки у этих видов встречались крайне редко или вовсе не попадались на литорали. Скорее всего, эти пять видов размножаются где-то в другом месте, и на литораль мигрируют старшие возрастные стадии.

РОЛЬ ЩЕЛЕВЫХ КОНТАКТОВ В ПУЛЬСАЦИОННОМ РОСТЕ
ВЕРХУШКИ СТОЛОНА *GONOTHYRAEA LOVENI*

Д.А. Никишин^{2,1}, С.В. Кремнев¹, Н.С. Глаголева¹

¹ — Каф. эмбриологии, Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, Биологический факультет, ² — Ин-т биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН

Пульсационный рост гидроидных полипов является хорошо изученной моделью эпителиальных морфогенезов. Механизмы клеточных движений, лежащих в основе пульсационного роста, описаны в работах Л.В. Белоусова (Белоусов, 1961; Белоусов и др., 2000) и И.А. Косевича (Косевич, 2006). Во время пульсационного роста клеточные движения и процессы скоординированы и распространяются волнообразно в проксимодистальном направлении. Известно, что нервных клеток и окончаний в верхушке роста нет, и механизмы клеточной коммуникации, должно быть, иные. В пределах эпителиев клеточная коммуникация может происходить с помощью щелевых контактов. Белки щелевых контактов иннексины описаны у беспозвоночных, в том числе у кишечнорастных (Alexopoulos et al., 2004). Мы исследовали роль щелевых контактов в координации движений клеток в растущей верхушке столон.

Исследование выполнено на Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова МГУ. Работу проводили на молодых колониях *Gonothyrea loveni* (Allman 1859), выращенных на предметных стеклах, и имеющих 2–3 новых побега. Регистрацию роста верхушек столон проводили при постоянной температуре (20°C) с помощью микроскопа МБИ-1 и цифровой окулярной насадки DCM-130, со скоростью 12 кадров в минуту. Автоматическую обработку изображений проводили в оригинальной программе, написанной в лаборатории для прослеживания движений отдельных клеток. Обработку данных проводили в MS Excel. В качестве блокатора щелевых контактов использовали октанол, эффективность которого показана на широком спектре объектов, в том числе на беспозвоночных (Adler, Woodruff, 2000).

Октанол в концентрации 3 мкМ не влиял на рост верхушки, а в концентрации 1 мМ полностью его останавливал. Влияние октанола на скорость роста верхушки оказалось концентраци-

онно-зависимым. В контроле скорость роста составляла около 2,5 мкм/мин, в 30 мкМ октанол — 1,1 мкм/мин, и в 300 мкМ — 0,5 мкм/мин. При этом в течение эксперимента (около 1,5 ч) скорость роста не менялась.

Помимо угнетения роста, блок щелевых контактов сильно влиял на рисунок кривой роста: в октанол кривая сильно сглаживалась, однако полностью пульсации не прекращались. Со временем этот эффект исчезал, и через 60–70 мин воздействия рисунок ростовых пульсаций начинал постепенно восстанавливаться. Для того чтобы проверить, не связано ли это с прекращением действия октанола, например, в результате его испарения, был проведен эксперимент, в котором после восстановления пульсаций в раствор помещали новую верхушку роста. Рисунок кривой роста новой верхушки сглаживался, причем тоже на 60–70 мин. Этот результат говорит о том, что в течение этого периода верхушка роста приспосабливается к действию октанола, проявляемому в изменении рисунка кривой роста.

Кривая роста верхушки отражает клеточные движения, происходящие во время пульсационного роста (Косевич, 2006). Проанализировав, в чем конкретно проявляется эффект октанола на кривую роста, можно понять на какие этапы клеточных движений воздействует октанол. Описанный И.А. Косевичем механизм роста верхушки столон можно условно разделить на период работы энтодермы (E-F-A), в течение которого происходит прирост за счет изменения формы энтодермальной трубки (F), и период работы эктодермы (B-C-D), в течение которого происходят осмоконтрактивные движения эктодермальных клеток и фиксирование прироста. Сглаженная кривая роста верхушки столон в октанол представляет собой почти прямую линию с периодически расположенными максимумами, соответствующими максимумам стандартной кривой роста. Другими словами, сглаживание кривой происходит за счет исчезновения периодов отступления верхушки и выдвигания на уровень предыдущего пика (B-C-D по: Косевич, 2006). Таким образом, эффект октанола на рисунок ростовых пульсаций проявляется в ингибировании эктодермального компонента пульсационного роста. Различие механизмов работы энтодермы и эктодермы во время пульсационного роста заключается, в частности, в том, что энтодермальные клетки

верхушки роста сильно вакуолизированы и не изменяют своего объема в течение пульсации (Косевич, 2006), тогда как эктодермальные клетки сильно меняют объем за счет осмоконтактного механизма (Лабас и др., 1992). В ходе этого процесса происходят значительные изменения объема вакуолярной системы клеток эктодермы. При этом показано, что в течение этого процесса происходят циклические изменения концентрации внутриклеточного кальция (Лабас, 1989), причем максимум концентрации внутриклеточного кальция наблюдается в период сокращения, исчезающий под воздействием октанола. Известно, что кальциевые волны способны передаваться через щелевые контакты. Возможно, что действие октанола на рисунок кривой роста, в которой исчезает период В-С-D, связано с дезинтеграцией клеток эктодермы вершины роста.

В ходе пульсационного роста все клеточные движения распространяются волнообразно, в проксимо-дистальном направлении. Вероятно, распространение сигнала происходит через щелевые контакты. Это также справедливо и для эндодермального компонента пульсации. Так, например, прирост происходит за счет изменения формы эндодермальной трубки, тоже распространяющегося в проксимо-дистальном направлении. Показано, что величина прироста в норме коррелирует с длительностью периода прироста (Косевич, 2006). Если принять, что возбуждение свободно передается через щелевые контакты в виде кальциевой волны, то чем длиннее волна, тем длиннее период ее действия и тем больше прирост. Октанол в опыте блокирует щелевые контакты, что, должно быть, препятствует распространению кальциевой волны и приводит к тому, что ее продолжительность уменьшается при передаче от клетки к клетке. Волна постепенно угасает и, вероятно, поэтому прирост становится меньше.

Таким образом, два компонента, выделяемые в механизме пульсационного роста, обладают разной чувствительностью к ингибитору щелевых каналов. Эффект октанола на эндодермальный компонент, связанный с величиной прироста за пульсацию и скоростью роста, является концентрационно-зависимым. Эктодермальный компонент, связанный с осмоконтактным процессом и фиксированием прироста, временно ингибируется октанолом. Таким образом, щелевые кон-

такты участвуют в ростовых пульсациях, причем коммуникация через них имеет наибольшее значение в эктодермальном слое.

МАКРОЗООБЕНТОС ЗАРОСЛЕЙ *LAMINARIA SACCHARINA*
(*SACCHARINA LATTISSIMA*): ВЛИЯНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО
РЕЖИМА

Д.В. Никишина, Н.Н. Шунатова, М.В. Иванов
Биолого-почвенный ф-т СПб ГУ

Морские бентосные сообщества, населяющие мягкие и твердые грунты, давно интересуют исследователей. Структура и функционирование этих сообществ определяется как абиотическими факторами, такими как температура, соленость, глубина, свет, скорость течения, характер грунта, так и биотическими факторами. Одним из важнейших биотических факторов является присутствие видов-эдификаторов, которые играют ведущую роль в организации структуры и функционирования сообщества, т.е. являются средообразующими видами. Они могут служить субстратом, убежищем или же пищей для других организмов. Одними из видов-эдификаторов являются бурые водоросли рода *Laminaria*.

Заросли ламинарий в прибрежной зоне Белого моря произрастают в широком диапазоне гидродинамических условий. В зависимости от изменений этого фактора могут изменяться как характеристики самих зарослей ламинарий, так и характеристики сообществ, входящих в биоценоз ламинарий.

В настоящей работе нас интересовали характеристики биоценоза монодоминантных зарослей *L. saccharina* формирующихся при крайних значениях диапазона скоростей течения. Таким образом, мы изучали гетерогенность структуры сообществ макрозообентоса в ризоидах *L. saccharina* и окружающем грунте в разных гидродинамических условиях.

Материал собирали в районе МБС СПб ГУ (Губа Чупа, Кандалакшский залив, Белое море) в течение трех летних сезонов (август 2008 и 2009 гг. и июль-август 2010 г.) на двух станциях, которые характеризуются одинаковой глубиной 4–5 м и соленостью (средняя летняя соленость у дна 23‰), но различной гидродинамической активностью. Так, в проливе Узкая Салма скорость течения составляет 0,5–0,7 м/сек, а в про-

ливе Подпахта не превышает 0,05–0,15 м/сек. Данные скорости течения являются крайними, при которых возможно формирование монодоминантного сообщества *L. saccharina*: в проливе Подпахта скорость течения является минимальной, при которой можно встретить ламинарию, при скоростях течения превышающих таковую в проливе Узкая Салма, формируются бидоминантные сообщества которых к *L. saccharina* присоединяются *L. digitata*. Скорость течения измеряли гидрологической вертушкой в течение полного приливно-отливного цикла от поверхности воды до дна через 1 м. Стьюдента показывает достоверные отличия по этому параметру (1,23; $p < 0,01$).

На каждой станции вручную с помощью легководолазного снаряжения были отобраны трансекты проб для оценки характеристик макрозообентоса (ризоид и три пробы грунта). Первую пробу располагали непосредственно около ризоида, остальные — на расстоянии 5 см друг от друга. Кроме того, в 2009 и 2010 гг., одновременно рядом с трансектой отбирали пробы грунта для проведения гранулометрического анализа и измерения содержания органических веществ в грунте. В дальнейшем, в пробах макрозообентоса определяли видовую принадлежность, численность и биомассу организмов отдельных видов, а в пробах донных осадков — гранулометрический состав ситовым методом. Содержание органических веществ в грунте определяли методом сухого сжигания в муфельной печи при температуре +485° С.

Ризоид фотографировали с 4 ракурсов для дальнейшего определения площади прикрепления и объема. У всех собранных растений измеряли сырой вес ризоида с субстратом и без него, также отдельно учитывали вес субстрата.

При сравнении средних использовали 1% уровень значимости.

После обработки данных 2008 г. было решено изменить способ пробоотбора, а именно сократить расстояние между пробами в трансекте. В связи с этим данные 2008 г. использовались лишь для сравнения общих характеристик двух станций.

По гранулометрическому составу грунт на станции Узкая Салма можно охарактеризовать как гравийный (фракция диаметром >10 мм составляет не менее 70%), на станции Подпах-

та — как алевритово-пелитовый (на фракцию диаметром <0,25 мм приходится более 65%).

Содержание органических веществ в 2009 г. на станции Подпахта составляет $4,37 \pm 0,45\%$, а на станции Узкая Салма — $1,93 \pm 0,20\%$. Сравнение *t*-критерием Стьюдента показывает достоверные отличия по этому параметру (8,33; $p < 0,01$). Аналогичная картина наблюдается и в 2010 г. отличия в содержании органического вещества (Узкая салма — $1,47 \pm 0,21\%$; Подпахта — $3,24 \pm 0,23\%$) так же достоверны (7,83; $p < 0,01$).

Анализ таксономического состава показал низкий уровень фаунистического сходства между двумя станциями (коэффициент Жакара 0,4).

Средние значения общей биомассы макрозообентоса на станции Узкая салма достоверно выше, чем на станции Подпахта в 2008 и 2009 гг. (2,35; $p < 0,01$). В 2010 г. достоверных отличий не обнаружено. Для средних значений численности подобных тенденций не отмечено.

В течение всех трех лет наблюдений на станции Узкая Салма (характеризующейся высокой гидродинамической активностью) и по численности, и по биомассе лидирующую позицию занимают двустворчатые моллюски-фильтраторы, представленные эпифаунными формами.

На станции Подпахта (характеризующейся низкой скоростью течения) преобладали полихеты, представленные как эпифаунными, так и инфаунными формами, в основном являющиеся собирающими детритофагами.

Для выяснения закономерностей пространственного распределения макрозообентоса мы применили метод факторного анализа. В 2009 г. было выявлено влияние двух факторов, которые мы можем трактовать, как фактор «скорость течения, он же характер грунта» и фактор «биотоп» («обитание в ризоиде или грунте»), на долю первого фактора приходится 7% изменчивости, 17,4% дисперсии объясняет второй фактор. В 2010 г. на пространственное распределение макрозообентоса оказывал влияние только фактор «скорость течения — характер грунта» (6,6% дисперсии).

Для выяснения закономерностей пространственного распределения макрозообентоса мы применили метод факторного анализа. Для данных 2009 г. было выявлено действие двух

факторов, которые мы можем трактовать, как фактор «скорость течения» и фактор («биотоп») «обитание в ризоиде или грунте». Для данных 2010 г. было показано действие только фактора «скорость течения (характер грунта)».

Таким образом, мы можем заключить, что гидрорежим и содержание органического вещества в грунте оказывает значимое влияние на видовой состав и структуру исследуемых сообществ макрозообентоса зарослей ламинарий. Низкая гидродинамическая активность приводит к накоплению мелких фракций грунта с высоким содержанием органического вещества, что определяет доминирование полихет (в основном, детритофагов и хищников); высокая, напротив, определяет крупнозернистый характер грунта с низким содержанием органических веществ и как следствие доминирование двусторчатых моллюсков (в основном фильтраторов и сестенофагов).

Сравнение t-критерием Стьюдента не выявило достоверных отличий между средними значениями общей биомассы в пробах грунта по мере удаленности от ризоида ни в 2009 г., ни в 2010 г. на обеих станциях. Ни в таксономическом, ни в трофическом составе биоценоза не выявлено никаких закономерностей распределения макрозообентоса в пределах трансект ни в 2009 г., ни в 2010 г.

Биомасса организмов, населяющих ризоид и обитающих в грунте, достоверно отличается (7,81; $p < 0,01$) на обеих станциях и в 2009 г. и в 2010 г. Такие же закономерности наблюдаются в распределении численности макрозообентоса по трансекте.

Состав доминирующих по биомассе видов отличается не только для двух станций, но и для ризоидов и окружающего грунта. Сравнивая сообщества обитателей ризоидов и окружающего грунта, необходимо отметить, что макрозообентос ризоидов отличается большим разнообразием, как по таксономическому составу, так и по составу экологических групп. Подобные отличия связаны с тем, что ризоид ламинарии, как место обитания, имеет большее биотопическое разнообразие: во-первых, между отдельными частями ризоида есть пустоты, которые являются убежищем для многих бентосных организмов. Во-вторых, в данных пустотах накапливаются мелкие фракции грунта, который является не только пищей для детритофагов, но и местом благоприятным для организмов, ха-

рактерных обычно для мягких грунтов. В-третьих, ламинария, как правило, прикрепляется к крупным камням или, к нескольким небольшим, скрепляя их. Т.е. ризоид в условиях повышенных скоростей течения является устойчивым субстратом для обитания. То обстоятельство, что ризоид возвышается над уровнем грунта, является благоприятным для фильтраторов и сестенофагов. Нельзя забывать о том, что ламинария сама является пищевым ресурсом для организмов — фитофагов. Эти факты позволяют предположить, что ризоид ламинарии является особым местообитанием, привлекающим многие организмы из разных экологических групп.

Полученные данные показывают, что и видовой состав, и основные показатели обилия для населения ризоидов демонстрируют больше сходства для разных станций, нежели между ними и пробами грунта на одной станции (Коэффициент фаунистического сходства Жаккара между населением ризоидов с разных станций составляет 0,6–0,7; между населением ризоидов и грунта на станции Узкая Салма 0,4; на станции Подпахта — 0,2).

Отмечено, что на каждой станции наблюдается достоверное снижение и общей биомассы, и численности в пробах грунта с 2008 по 2010 гг. ($p < 0,01$), при этом биомасса организмов, обнаруженных на ризоидах, не имеет достоверных отличий в разные годы, что позволяет предположить, что ризоид является более устойчивым сообществом, нежели окружающий грунт.

ЖУРАВЛИ НА ЛИТОРАЛИ

А.Д. Огиенко¹, Т.А. Хамхоева¹, К.А. Черногузов¹, Я.Л. Ланцман¹, М.В. Калякин²

1 — школа № 179 г. Москвы, 2 — Зоологический музей МГУ им. М.В. Ломоносова

В конце лета 2012 г. во время биологической практики школьников биокласса школы № 179, проходившей в с. Ковда (Мурманская обл., Кандалакшский р-н, примерно 30 км к северо-западу от ББС МГУ), выполнены первые, ориентировочные исследования использования биотопов морского побере-

жья серыми журавлями (*Grus grus*). Целью работы было изучение поведения журавлей на литорали одной из бухт Белого моря – так называемого Канского моря, находящегося в кутовой части губы Старцева, неподалеку от пос. Лесозаводский. Наблюдения выполнены в ходе 10 выездов на берега бухты в период с 28.07 по 17.08.2012 г. с использованием подзорной трубы (увеличение до 45 крат) и биноклей (увеличение до 12 крат); проводилась съемка птиц, мест их пребывания и следов жизнедеятельности фотоаппаратом Nikon D 7000 (фокусное расстояние объектива 450 мм). Места встреч журавлей на морском берегу картировали и описывали; по следам, пищевым остаткам, изучению помета и за счет прямых наблюдений определяли рацион птиц. Хронометрировали их присутствие на береговых участках, регистрировали различные формы поведения.

За период наблюдений на береговой линии двух заливов, разделенных длинным нешироким мысом, 11 раз отмечали от 2 до 14 взрослых и молодых птиц. В случаях, когда удавалось проследить прилеты и отлеты журавлей с морского берега, отмечено, что дальность перелетов не превышала нескольких сотен метров. Птицы проводили на берегу от нескольких минут до 3 часов во время отлива и обычно покидали берега с началом прилива. Основной формой поведения была кормежка, которая прерывалась гораздо менее продолжительными действиями – сном (или отдыхом), чисткой оперения (5–10 секунд за 15–17 минут), осмотрами территории (по 7–10 секунд примерно 1 раз в 10–15 минут) и демонстрациями отдельных элементов брачного ритуала (по 5–7 секунд примерно раз в 10–12 минут; всего 4 разных варианта). Лишь однажды мы стали свидетелями продолжительного дневного отдыха журавлей на берегу моря: три особи во второй половине дня (около 16 часов) прилетели на литораль, встали, заложив голову на спину, и стояли так около часа. Изредка (раз в 7–8 минут) один из троих поднимал голову и осматривался; частота осмотров постепенно увеличивалась до примерно 1 раза в 2–3 минуты перед отлетом.

Полученные данные позволяют следующим образом описать кормовые предпочтения и кормовое поведение журавлей на литорали. Птицы собирали кормовые объекты, а не ловили подвижную добычу, медленно перемещаясь по литорали и

лишь раз в 3–4 минуты осуществляя переходы с одного «кормного места» на другое. Сбор корма происходил в нижней части литорали, открывшейся при отливе, или у уреза воды, в которую птицы заходили на глубину до 10–15 см. Обследование трех мест кормежки птиц показало следующее.

Несмотря на достаточно большое количество мидий (*Mytilus edulis*), прикрепленных к фукусам и находившихся на поверхности камней, журавли предпочитали употреблять в пищу мий (*Mya arenaria*), которые находились в илу на глубине от 10 до 20 см. Прямым доказательством поедания мий птицами стало обнаружение сифона этого моллюска в помете журавлей. Техника сбора этого корма, локализованного не на поверхности, а в грунте (в илу), такова: во время кормления журавль погружал клюв в ил и проводил полосу, пока не наткался на мию. Затем вытаскивал ее на поверхность, ударял клювом так, что в верхней створке появлялось отверстие, и выклеивал («вылизывал») оттуда тело моллюска. Последовательность действий установлена по остаткам раковин и визуальным наблюдениям. Остатки обработанных таким образом створок мы находили в достаточно больших количествах на местах кормления птиц. Среди остатков створок мий иногда попадались створки достаточно крупных мидий, однако мий было значительно больше (соотношение 7 к 1), тогда как по нашим подсчетам соотношение на том же участке живых мидий и живых мий составляло 4 к 3. Неоднократно отмечали остатки раковин мий, лежащие рядом с 2–3 мидиями средних размеров, которые оставались нетронутыми.

У нас сложилось впечатление о том, что журавли предпочитали мий мидиям. Согласуется с ним и пространственное распределение журавлей по литорали. В случаях, когда можно было установить тип литорали (в некоторых случаях птицы находились на берегах недоступных для нас островов), она или оказывалась илистой, или, на каменистых литоралях, имела вкрапления пятен ила. Кроме того, на участке, на котором выполнены наблюдения, находился Ягодный порог — узкий длинный пролив между о. Олений и мысом материкового берега. Литораль вдоль порога имела ширину до 50 м при малой воде и была покрыта ковром живых мидий толщиной до 5–7 см. Однако журавли ни разу не кормились на этом участке, выбирая неширокие илистые или илисто-каменистые литорали

по берегам Канского моря. Этот факт мы склонны трактовать как еще одно косвенное доказательство того, что птицы предпочитают кормиться миями, а не мидиями.

Из других животных кормов в помете журавлей в небольшом количестве встречались раковины маком (*Macoma balthica*), но мы считаем, что они были заглочены журавлями случайно или попутно, так как достаточно малы размерами и вряд ли представляют для этих птиц серьезную пищевую ценность. При исследовании помета в нем был обнаружен остаток хитинового панциря жука. Но это был единичный случай, и мы ни разу не видели, чтобы журавли охотились на насекомых. Также однажды мы наблюдали, как журавли поедали рыбу небольшого размера (длиной примерно 15–20 см). К сожалению, мы не знаем, поймали ли журавли рыбу сами или нашли на берегу.

В конце июля и в начале августа птицы почти все время кормились на литорали, но со временем (с 7.08) все чаще стал отходить в прибрежный лес, где, очевидно, кормились ягодами: 7.08 уходили в лес 3 раза, в сумме на 15 мин. из проведенных на берегу 4 часов; 15.08 уходили в лес 4 раза, в сумме на 35 мин. за 6 часов; 17.08, несмотря на низкую воду, на литорали не кормились, а предпочли лес, где и провели почти все время (40–50 мин. пребывания на берегу) после трехминутного отдыха на литорали сразу после прилета с заложенной на спину головой. В первые дни мы наблюдали кормление только непосредственно на литорали, затем стали учащаться выходы сначала на супралитораль, затем на опушку прибрежного леса и в лес. Можно было наблюдать, как журавли кормятся ягодами — скорее всего это была черника (*Vaccinium myrtillus*) или водяника (*Empetrum nigrum*); этих ягод на побережье Канского моря достаточно много. Найденные нами в помете птиц семена подтвердили эти предположения.

Кроме животных кормов, помет птиц обычно содержал растительные остатки. Однако определить, какие именно растения употреблялись птицами в пищу, оказалось невозможным, кроме достаточно крупного сохранившегося образца, больше всего похожего на верхушку побега солероса. Мы предполагаем, что журавли могли склевывать верхушки морских астр (*Aster tripolium*).

Отметим, что в илистых карманах литорали в местах кормежки журавлей обитало некоторое количество пескожилов (*Arenicola marina*), однако ни одного признака употребления их в пищу журавлями мы не обнаружили.

Можно сделать следующие предварительные заключения. Для серых журавлей в изученном районе посещение литорали представляется регулярным; илистые участки морской литорали по нашим ориентировочным наблюдениям выглядят наиболее предпочтительными местами кормежки; имеющиеся данные свидетельствуют о том, что птицы поедают не все доступные для сбора пищевые объекты, а выбирают некоторые из них, в нашем случае — мий. Описан способ сбора корма, скрытого в илистом субстрате. Часть наблюдавшихся птиц представляли собой пары, весьма вероятно — гнездящиеся, что вкпе с отдельными наблюдениями за перелетами птиц к берегу и от берега заставляет предполагать, что наблюдавшиеся нами птицы могли гнездиться на небольшом удалении от морского побережья. Впрочем, следует заметить, что в других местах в окрестностях с. Ковда мы в июле и начале августа наблюдали перелеты пар журавлей на расстояния более 1 км.

Наши наблюдения показали, что связи журавлей с морским побережьем обусловлены в первую очередь трофическим фактором. Другим важным результатом предпринятого исследования можно считать возможность наметить наиболее перспективные направления последующих наблюдений. Важно выяснить, на какое расстояние от гнезд и птенцов готовы удаляться взрослые птицы ради сбора корма на литорали, т.е. оценить, какая часть местной популяции может быть связана с морскими побережьями. Интересно изучить (или выяснить из литературных источников) вопрос о том, какова калорийность различных кормов, используемых этими птицами. Наблюдения в конце августа или в начале сентября помогут выяснить, не происходит ли в местах с обширными илистыми литоральными формированиями характерных для серого журавля предотлетных скоплений.

Выражаем нашу признательность Э.А. Галюну за помощь в наблюдениях и разборе проб помета, а также в подготовке материала к публикации; Матвею Шаферману, Сергею Шполянскому и С.Ю. Синельникову за помощь в описании литорали; Е.И. Кудрявцевой за помощь в организации работ и доставку группы исследователей до места наблюдений (и обратно).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ
ЛИЧИНОК СТРЕКАЮЩИХ

Б.В. Осадченко, И.А. Косевич

Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

Личинки-планулы стрекующих (Cnidaria) характеризуются относительно простой, но правильно (регулярно) организованной нервной системой. Нервная система играет важную роль в оседании и запуске метаморфоза планулы в первичный полип. В составе нервной системы планулы имеются ганглиозные, секреторные и чувствительные клетки. У планулы кораллов (Anthozoa) имеется многоклеточная чувствительная структура — апикальный орган, аналогичный (или гомологичный) апикальному органу (апикальной пластинке) личинок билатерий. Недавно структура, подобная апикальному органу, была описана у планулы сцифоидных (Scyphozoa). В тоже время считается, что у планулы гидроидных (Hydrozoa) апикальный орган отсутствует.

К настоящему времени подробное описание пространственной организации и ультраструктуры нервной системы планулы имеется лишь для небольшого числа представителей стрекующих. При этом данные получены на основании разных методов и подходов. В настоящем исследовании предпринята попытка провести сравнительный анализ организации и ультраструктуры нескольких представителей стрекующих (гидроидных и сцифоидных) методами иммуноцитохимии и электронной микроскопии.

Исследование проводится на ряде видов Scyphozoa [*Cyanea capillata* (L. 1758), *Aurelia aurita* (L. 1758)] и Hydrozoa [*Gonothyræa loveni* (Allman 1859), *Laomedea flexuosa* (Alder 1857), *Dynamena pumila* (L. 1758), *Bougainvillia superciliaris* (L. Agassiz 1849)]. В работе используются следующие методы: световая, конфокальная, сканирующая и трансмиссионная электронная микроскопия. На данный момент получены данные по иммуноцитохимическому выявлению элементов нервной системы с применением конфокальной микроскопии. При окраске использовались флуоресцентно меченые антитела к ацетилированному и тиронизированному тубулину, серотонину и FMRF-амиду.

Изученные виды гидроидов распадаются на две группы. У одних видов в жизненном цикле есть свободноплавающая медуза, и личинка после завершения развития некоторое время держится в толще воды (*B. superciliaris*). У другой группы стадия свободной медузы отсутствует, половые продукты и планулы развиваются в гонофорах — специализированных элементах колонии, и личинки после завершения формирования практически не плавают, а «ползают» по дну (*G. loveni*, *L. flexuosa*, *D. pumila*).

Исследования планулы тех видов гидроидов, которые не имеют медуз, выявили организацию нервной системы, соответствующую прежде описанной у личинок других видов (*Clava multicornis* (Forsskål 1775), *Eudendrium racemosum* (Cavolini 1785), *Clytia gregaria* (= *Phialidium gregarium*) (Agassiz 1862)): равномерно разбросанные FMRF-амид- и серотонинэргические клетки, образующие более плотное скопление у переднего конца и нервный плексус — сплетение из сравнительно толстых поперечных и продольных пучков волокон, располагающихся вдоль мезоглеи.

У личинок сцифоидных FMRF-амидная нервная система имеет более упорядоченное строение. Тела клеток, выполняющих, по-видимому, рецепторную функцию, расположены несколькими кольцами вдоль тела планулы. Серотонинэргические клетки у личинок *A. aurita* располагаются на переднем конце, что подтверждает существование апикальной сенсорной структуры (апикального органа) у сцифоидных. У *C. capillata* серотониновые клетки располагаются на заднем конце планулы. Плексус личинок сцифоидных развит заметно слабее, чем у гидроидных, упомянутых выше, и не имеет ярко выраженной сетчатой структуры.

Надо отметить, что FMRF-амидная нервная система планулы *B. superciliaris* организована подобно таковой у личинок сцифоидных. Это говорит о том, что организация нервной системы личинок Scyphozoa и Hydrozoa зависит не от систематической принадлежности, а от образа жизни личинки — перемещений в толще воды после вымета плавающей медузой или передвижения вдоль дна после выхода из гонофора полипа.

ГИДРОИДЫ ЛИТОРАЛИ ВОСТОЧНОГО МУРМАНА
(БАРЕНЦЕВО МОРЕ) И ИХ СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ

Н.Н. Пантелеева

Мурманский морской биологический ин-т КНЦ РАН

Исследование фауны арктических морей с целью сохранения их биоразнообразия и прогноза его возможных изменений приобретает особую актуальность в связи с повышенным в последнее время интересом к вопросам климатических изменений и экономического освоения арктического шельфа. Морские стационары предоставляют уникальные возможности для решения разнообразных задач на пути достижения этой цели, в частности, изучения литоральной фауны, подвергающейся наибольшему влиянию резких изменений среды.

Гидроиды (Cnidaria, Hydrozoa) — преимущественно прикрепленные колониальные животные, широко населяющие каменисто-валунную литораль, не способны избегать неблагоприятного воздействия путем миграции, поэтому изучение механизмов их адаптации к меняющимся условиям среды представляет особый интерес.

Исследование видового состава и сезонного развития гидроидов литорали Восточного Мурмана проводилось на базе Мурманского морского биологического института КНЦ РАН в районе пос. Дальние Зеленцы. Началом данной работы послужила круглогодичная экспедиция Зоологического института Академии наук (Санкт-Петербург) в 1987–1988 гг. по изучению видового состава и сезонных изменений литоральной и сублиторальной фауны в губе Ярнышная (Дальние Зеленцы). В дальнейшем целенаправленное изучение гидроидов литорали было продолжено в губах Ярнышная и Зеленецкая в 1996–1999 гг. круглогодично, а также в отдельные сезоны: 2000 г. (март) и летом 2000–2001, 2003, 2007–2012 гг. С этой же целью в летние месяцы была обследована литораль губы Териберская (2000 г.) и литораль территории «Семь Островов» Канда拉克шского государственного заповедника (2000 и 2001 гг.).

Необходимо отметить, что район исследований принадлежит незамерзающей части акватории Баренцева моря (находится под действием теплого прибрежного юго-западного нордкапского течения, ответвления Гольфстрима). Более по-

лутора месяцев здесь длится полярная ночь и столько же — полярный день, а перепад уровня воды в море в сизигийные отливы может достигать 4,6 метров (по вертикали), оголяя обширные участки литорали.

В результате проведенных исследований установлено, что из 70 видов гидроидов (что составляет около половины фауны гидроидов Баренцева моря), отмеченных в окрестностях Дальнезеленецкой биостанции, 21 вид (табл. 1) встречается на литорали (Panteleeva, 2005; Пантелеева, 2007). В список не вошли типично сублиторальные виды, встретившиеся на литорали в выбросах водорослей, а также эпибионтные сублиторальные виды *Calycella syringa* (L. 1767) и *Filellum serpens* (Hassall, 1848) из оброста обитателей изолируемой от моря в сизигий, но, по сути, глубокой сублиторальной ванны. Исключены полипы неясной систематической принадлежности из семейства Campanulinidae, отмеченные под именем сборной группы «Cuspidella» sp., а также случайная находка неясного происхождения *Clytia gracilis* (M. Sars 1850).

Колонии гидроидов встречаются во всех горизонтах литорали, но их распределение демонстрирует определенную зональность. В верхних горизонтах литорали преобладают типично литоральные виды: *Dynamena pumila* (L. 1758), *Laomedea flexuosa* Hincks in Alder, 1856, а в нижнем горизонте можно встретить у уреза воды такие сублиторальные виды, как *Obelia longissima* (Pallas 1766), *Obelia geniculata* (L. 1758) и даже *Rhizocaulus verticillatus* (L. 1758), особенно в сизигий. Большинство видов закономерно обитает в наименее изолируемом от моря нижнем горизонте литорали (НГЛ), где гидроиды предпочитают располагаться на не подверженных осушению (покрытых водой или макрофитами) поверхностях камней и валунов. А в среднем (СГЛ) и особенно верхнем (ВГЛ) горизонтах литорали гидроиды встречаются преимущественно в литоральных ваннах. На разных горизонтах также доминируют разные виды гидроидов. Так, на границе СГЛ-НГЛ доминирует массово покрывающий нижние и боковые стороны валунов литоральный вид *D. pumila*, а ближе к урезу воды в НГЛ его сменяет массово так же обрастающий валуны сублиторальный вид *Symplectoscyphus tricuspидatus* (Alder 1856).

В зимний период видовой состав гидроидов закономерно сокращается в несколько раз (примерно до 5 видов). К сожа-

лению, возможность исследований литорали зимой сильно ограничивает полярная ночь и погода, поэтому полученные результаты не могут претендовать на исчерпывающую полноту. Зимой исчезают гидроиды в верхнем и среднем горизонтах литорали, а оставшиеся виды, как правило, обитают в нижнем горизонте в непромерзающих литоральных ваннах. Однако два вида — *D. pumila* и *S. tricuspidatus* — способны переносить кратковременное промерзание (не более двух-трех часов), сохраняя жизнеспособность, их можно встретить зимой на валунах на литорали, но не выше 1 метра над 0 глубин. Колонии большинства видов, отмеченных на литорали в летнее время, деградируют, резорбируются и переживают зиму в виде неидентифицируемой гидроризы.

Во второй половине марта с быстрым увеличением светлого времени и начавшимся прогревом воды на солнце, особенно в литоральных ваннах, активизируются процессы роста, и начинают развиваться из перезимовавшей гидроризы колонии гидроидов. Так появляются на литорали виды гидроидов, не отмеченные в зимний период. Полностью развившиеся колонии приступают к размножению преимущественно летом (табл. 1, +*). Некоторые виды: *Obelia geniculata* (L. 1758), *Obelia longissima* (Pallas 1766) и *Coryne* sp. (nov.?), в жизненном цикле которых присутствует медузоидная стадия развития, для быстрого восстановления популяции в короткий вегетативный период используют бесполое размножение с помощью фрустул (Пантелеева, 1999, 2002, 2004). Сроки начала вегетации и размножения могут сдвигаться в разные годы примерно на две недели в ту или другую сторону в зависимости от условий. В таблице приведены обобщенные данные многолетних исследований, то есть указаны все месяцы, когда колонии того или иного вида были встречены вообще и в репродуктивной стадии в частности. Также нужно отметить, что частота встречаемости (и обилие) разных, как правило, не доминантных видов варьирует в разные годы, но такие флуктуации носят естественный характер.

Благодаря проведенным исследованиям получены данные о жизненных циклах и сезонном развитии отмеченных видов гидроидов на литорали Баренцева моря, в экологически чистой среде, не подвергавшейся заметному антропогенному влиянию.

Таблица 1. Сезонная динамика видового состава гидроидов литорали Восточного Мурмана (обобщенные данные за весь период исследований с 1987 по 2012 гг.).

№	Вид	Месяц											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	X	XI	XII	XII
1	<i>Bougainvillia subpercularis</i> (L. Agassiz 1849)			+	?	?	+	+	+				
2	<i>Rhizogeton</i> aff. <i>fusiformis</i> Agassiz 1862			+	?	?	+	+	+				
							*	*					
3	<i>Clava multicornis</i> (Forsk. 1775)						+	+	+	+			
							*	*		*			
4	<i>Sarsia loveni</i> (M. Sars 1846)			+	+	?	+	+	+				
							*	*					
5	<i>Coryne</i> sp. (nov.?)					+	+	+	+				
							*	*					
6	<i>Eudendrium insigne</i> Hincks 1861	+	?	+	+	+	+	+	+	?			
7	<i>Eudendrium vaginatum</i> Allman 1863	?	?	+	+	+	+	+	+	?	+	+	+
											*	*	*

Условные обозначения: * — типично сублиторальные виды, встречающиеся в литоральных ваннах у уреза воды в период сизигийных отливов; +* — колонии с гонангиями; ? — вид не отмечен в пробах, но в природе должен был присутствовать.

Таблица 1.

Продолжение.

№	Вид	Месяц											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	X	XI	XI	XII
8	<i>Campanularia volubilis</i> (L. 1758)			+	+	?	+	+	+				
9	<i>Orthopyxis integra</i> (McGillivray 1842)						+	+	+				
10	<i>*Rhizocaulus verticillatus</i> (L. 1758)							+					
11	<i>Laomedea flexuosa</i> Hincks in Alder 1856					+	+	+	+	+			
12	<i>Gonothyraea loveni</i> (Allman, 1859)					+	+	+	+	+			
13	<i>*Obelia geniculata</i> (L. 1758)			+	?	?	+	+	+	+	+	+	
14	<i>*Obelia longissima</i> (Pallas 1766)						+	+	+	+	?	+	
15	<i>Campanulina pumila</i> (Clarke 1875)						+	+	+				
16	<i>Opercularella lacera</i> (Johnston 1847)				+	+	+	+	+	+	+	+	

Таблица 1.

Продолжение.

№	Вид	Месяц											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	X	XI	XI	XII
17	<i>Dynamena pumila</i> (L. 1758)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
18	<i>Sertularella rugosa</i> (L. 1758)	?	?	+	?	?	+	+	+	?	?	+	?
19	<i>Symplectoscyphus tricuspidatus</i> (Alder 1856)	+	?	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20	<i>Halecium mirabile</i> Shydlovsky 1902				+	?	+	+	+				
21	<i>Halecium minutum</i> Broch 1903						+	+	+	?	?	+	

ОТДЕЛЯЮЩИЕСЯ ВОДОЕМЫ БЕЛОГО МОРЯ: ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

А.Н. Пантюлин

Каф. океанологии, Географический ф-т, МГУ им. М.В. Ломоносова

1. Отделяющиеся водоемы широко распространены в Кандалакшском заливе Белого моря. Их образование обусловлено сочетанием следующих факторов: подъемом берегов и дна со скоростью 0,5 см/год; большой изрезанностью береговой линии; обилием остовов, луд, корг; чередованием котловин и порогов в рельефе дна; слабым пресным стоком. Несколько таких водоемов, расположенных в окрестностях Беломорской биостанции МГУ, изучаются уже более 10 лет. Среди них оказались объекты, находящиеся в разных стадиях отделения, что

дало возможность провести их сравнительный анализ и выявить основные особенности гидрологической эволюции. Водоемы имеют близкие морфометрические характеристики: горизонтальные размеры 100–200 м, около половины площади с глубинами до 1 м, локальную котловину глубиной 4–8 м, глубину порога менее 1 м. Выделяются три стадии отделения.

2. Первая стадия отделения развивается при сохранении полусуточного ритма приливного водообмена водоема с морем. Но поднимающийся порог делает водообмен все более асимметричным: продолжительность прилива сокращается, а продолжительность отлива увеличивается. Обособленность от моря приводит к вертикальному расслоению водного тела водоема. Поверхностный слой летом имеет температуру на 1–3° выше, а соленость на 1–3 единицы ниже, чем в море. Вода котловины получает свою соленость зимой в процессе осолонения при льдообразовании и устойчиво оказывается на 3–5 единиц выше солености поверхностных вод. Сезонная трансформация температуры происходит по всей глубине, тогда как соленость воды в котловине почти не изменяется в течение лета. Летом в структуре вод водоема проявляется влияние приливной адвекции из моря в виде промежуточных квазиоднородных слоев. Типовой водоем — озеро на Зеленом мысу.

3. Вторая стадия отделения связана с важным качественным изменением — прекращением регулярного водообмена между морем и водоемом. Порог перекрывает весь диапазон колебаний уровня в море, и проникновение морских вод становится эпизодическим, при совпадении сизигийных приливов и ветровых нагонов. Водоем уже практически отделился от моря, но высота порога при этом не препятствует свободному стоку поверхностных вод, поэтому он не опресняется. Это состояние водоема — изгоя, отторгнутого морем, но не освоенного сушей. Продолжительность этой стадии эволюции оценивается в несколько десятилетий. Водоем начинает жить своей собственной, во многом независимой от главных водных стихий жизнью, у него проявляются своеобразные черты и поведение. Типовой водоем — Кисло-сладкое озеро.

4. Третья стадия отделения соответствует еще более высокому положению порога, которое препятствует как поступлению морской воды в водоем, так и стоку пресной воды в море. В водоеме формируется двухслойная структура, состоящая из

пресного слоя толщиной 1–2 м и подстилающего слоя соленой воды. Зимнее конвективное перемешивание захватывает только верхний слой, тогда как нижний слой сохраняет температуру и соленость неизменными. Это характерное свойство меромиктического водоема. Типовой водоем, соответствующий этой стадии отделения — Трехцветное озеро.

5. Отделяющиеся водоемы являются удобными природными лабораториями для изучения многих физических процессов и явлений. Так, например, в них можно наблюдать действие молекулярных механизмов обмена теплом и солями. В морских водоемах процессы молекулярного обмена перекрыты более интенсивным турбулентным обменом. Но, когда водоем защищен порогом от морской турбулентности (приливных течений) и лесным поясом от ветровой турбулентности, в нем начинают работать процессы молекулярного обмена. В отличие от турбулентности, которая одинаково переносит тепло и соли, молекулярный обмен теплом происходит примерно в сто раз интенсивнее, чем обмен солями. В озерах первой и второй стадии отделения сезонный ход температуры наблюдался во всех слоях, тогда как соленость изменялась только в поверхностном слое. Молекулярный механизм переноса тепла менее эффективен, чем турбулентный, поэтому максимальная температура в котловинах отделяющихся водоемов ниже температуры воды в море на тех же глубинах.

6. Многолетние наблюдения изменений солености в котловине Кисло-сладкого озера выявили очень большую ее изменчивость. Диапазон колебаний солености от 21,5 до 30 единиц. Это результат действия процесса осолонения при льдообразовании, который срабатывает не всегда. Это зависит от солености воды на поверхности к началу замерзания. Кроме того, осолонение зависит от степени участия снега в процессе льдообразования. Максимальная величина осолонения получается при холодном и малоснежном начале зимы, когда лед образуется только из морской воды.

7. В озерах хорошо наблюдаемы различные циклические колебания температуры и солености: межгодовые, сезонные, синоптические, суточные. Кроме этого, в озерах наблюдаются изменения катастрофического характера, связанные с импульсными проникновениями морских вод в результате штормовых нагонов. Такие явления были зафиксированы в марте 2011

г. Максимальный эффект получился в наиболее изолированных от моря водоемах: Нижнем Ершовском и Трехцветном озерах. Минимальный эффект — в озере на Зеленом мысу. Исключительно интересным представляется наблюдение за процессом восстановления структуры вод в озерах после произошедшего вторжения морских вод.

8. Получены новые результаты по термике озер. В марте 2011 г., то есть в конце зимы в двух озерах были зафиксированы положительные температуры воды: в Трехцветном озере температура переходила через ноль на горизонте 0,5 м и повышалась до 5°C на 6,5 м. В Нижнем Ершовском озере изотерма 0°C находилась на горизонте 0,5 м, а на 2,5 м температура повышалась до 3,5°C. Сравнение вертикальных распределений температуры в разных озерах в совпадающие сроки выявило существенные различия. Лучшее всего тепло распространяется по вертикали в Бабьем море, что обусловлено развитой турбулентностью. Далее, по уменьшению степени прогрева следует пресное озеро Черное. Весьма похожи профили температуры в Кисло-сладком озере и озере на Зеленом мысу, степень их прогрева еще меньше. Наименьший прогрев наблюдается в Трехцветном озере. Выявленная неравномерность прогрева озер, имеющих одинаковые характеристики и метеорологическую обстановку, неожиданная и очень интересная проблема. Для ее решения необходимы дальнейшие наблюдения

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ КАМЧАТСКОГО КРАБА НА
АКВАТОРИИ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ВАРАНГЕР ФИОРДА
БАРЕНЦЕВА МОРЕ В 2001–2012 ГГ.

М.В. Переладов, Е.В. Войдаков, А.В. Лабутин, С.И. Моисеев,
Н.Б. Тальберг

Всерос. науч.-иссл. ин-т рыбного хозяйства и океанографии

В 2001 г. на акватории Варангер фиорда Баренцева моря сотрудниками ВНИРО были начаты работы по межведомственной Программе по изучению состояния популяции камчатского краба и оценке его воздействия на экосистему.

Для обеспечения этих исследований близ порта Линахамари был создан полевой стационар на базе существующей инфраструктуры поселка на полуострове Немецкий.

В первые годы исследований было проведено подробное картографирование прибрежной зоны Баренцева моря от границы с Норвегией на западе по реке Ворьема до кута губы Малая Волоковая на востоке. Картографирование проводилось с использованием легководолазного снаряжения в диапазоне глубин от уреза воды до 60 м и с применением буксируемых видеокамер до глубин 120–130 м.

По материалам картографирования была составлена карта грунтов исследуемой акватории, описаны характерные биотопы и проведена типизация подводного берегового склона по критериям геоморфологической однородности и степени прибрежности. Границы однородных участков в дальнейшем были занесены в разработанную во ВНИРО ГИС «Картмастер» как основа для экстраполяционных расчетов распределения и численности изучаемых гидробионтов.

Оценка распределения и численности камчатского краба проводилась по результатам прямых водолазных наблюдений с 2001 г. по 2012 г. и данных мониторинга вылова краба ловушками с 2002 г. по 2004 г. (Моисеев и др., 2005).

В последние 20 лет для оценки запасов камчатского краба используются данные по ловушечным выловам и часто исследователи сталкиваются с неопределенностью величины основного параметра — площади облова краболовной ловушки (Моисеев, 2003). Поэтому, для оценки эффективной площади облова ловушек в 2007–2010 гг. была проведена серия экспериментальных работ с использованием подводных фотоавтоматов, направленных на изучение поведения камчатского краба вблизи орудий лова и по оценке циркадной активности камчатского краба в различных естественных биотопах (Переладов, 2010).

Данные, собранные при проведении подводных исследований в 2001–2005 гг. позволили разработать схему проведения ежегодных учетных съемок распределения камчатского краба, наиболее адекватно отражающую динамику его численности на изучаемой акватории (Переладов и др., 2006).

С 2006 г. для оценки динамики численности камчатского краба на акватории южной части Варангер фиорда используется стандартная сетка из 15–20 гидробиологических разрезов, выполняемых от уреза воды до глубины 40–50 м.

Съемки проводятся в два фенологических сезона: весной, перед началом паводка впадающей в Варангер фиорд реки Печенга (конец апреля — середина мая) и перед началом осенних штормов (конец августа — середина сентября).

Выбор этих сроков был сделан исходя из анализа данных, полученных в результате проведения сезонных съемок во все периоды года с марта по декабрь, включая неоднократные водолазные наблюдения в условиях полярной ночи.

Кроме этого, в период с 2002 по 2006 гг. на акватории Варангер фиорда проводилось массовое мечение камчатского краба, по результатам которого была составлена схема его годовых миграций (Тальберг, 2005; 2006).

Параллельно с проведением учетов камчатского краба на данной акватории с начала исследований выполняются регулярные наблюдения за динамикой температуры воды, с 2011 г. — за содержанием в воде растворенного органического вещества (совместно с лабораторией морской экологии ВНИРО).

Для оценки состояния кормовой базы камчатского краба проводится учет динамики основных функциональных групп бентоса, входящих в кормовую базу камчатского краба и отдельно — за динамикой биологических показателей местных группировок морского ежа и морского гребешка.

Ведутся также наблюдения за динамикой распределения сообществ макрофитов, играющих важную роль в воспроизводстве камчатского краба и/или обеспечении воспроизводства его кормовой базы: сообщества литорали (фукоиды / мидия) и сублиторали (ламинария / морской еж / митилиды), проводятся работы по изучению скорости восстановления зарослей макрофитов после экстремальных штормов и выедания морскими ежами (Вилкова, Переладов, 2005; Переладов, 2010; 2011).

Всего за период с 2001 г. по 2012 г. на акватории Варангер фиорда Баренцева моря проведено 30 гидробиологических съемок общей длительностью около 450 суток.

При анализе динамики индексов численности камчатского краба принимаются два допущения:

1. В весенний период, когда значительная часть взрослых особей камчатского краба скапливается на мелководьях для линьки и спаривания, численность крабов, обитающих на глубинах, недоступных для прямого визуального водолазного учета (глубже 50 м), в расчет не принимается. Таким образом, весенний индекс численности особей камчатского краба отражает *минимальную* величину общего запаса камчатского краба, обитающего в пределах расчетной площади (181 км²).

2. В осенний период, когда основная масса взрослых крабов держится на недоступных для прямого учета глубинах, проводится расширенный учет молоди. При этом для расчета индекса молоди (или индекса пополнения) принимаются только неполовозрелые особи с шириной карапакса от 45 до 80 мм. Эти размерные ограничения связаны с тем, что по достижении данного размера молодь камчатского краба меняет скрытый одиночный стереотип поведения на открытый стадный и становится доступной для объективного учета (Переладов, 2002; 2005).

В результате обработки полученных данных показано, что индексы общей численности, промыслового запаса и пополнения камчатского краба существенно варьировали в течение 2001–2012 гг.

Общей тенденцией в динамике численности было некоторое падение значений в 2002–2003 гг. с последующим ростом в 2004–2007 гг. и стабилизацией общей численности в 2008–2012 гг. Показана хорошая корреляция динамики запаса камчатского краба с динамикой температуры воды на данной акватории.

В период с 2001 г. по 2012 г. общий запас всех особей камчатского краба (включая самок, самцов и половозрелую молодь) колебался на изучаемом полигоне в пределах 5–15 миллионов особей. При этом запас промысловых самцов камчатского краба с шириной карапакса более 150 мм в последние годы стабильно держится на уровне 1200–1800 тыс.

Таким образом, при сохранении текущих климатических условий можно предположить, что локальная группировка

камчатского краба на акватории Варангер фиорда и в дальнейшем будет успешно пополняться.

Показано также, что размерная структура и плотность поселений основных кормовых объектов камчатского краба в прибрежной зоне (морского гребешка и морского ежа) за исследованный период практически не изменилась. Отмечено также регулярное пополнение молодью этих поселений (Переладов, 2006).

В отличие от гребешков и ежей, поселения другого не менее важного объекта рациона камчатского краба — мидии, испытывают существенные многолетние колебания. Численность и биомасса этого вида в период с 2001 г. по 2012 г. колебалась на несколько порядков и достигала максимума в 2003 г. и 2012 г. Однако для этого вида такие колебания отмечались и до вселения краба (Романова, 1961; Садыхова, 1981) и являются результатом воздействия нативных факторов.

Анализ динамики численности и биомассы ряда функциональных групп мезобентоса сублиторальных галечников (офиуры, молодь моллюсков, полихеты, молодь морских ежей), проведенный в 2010–2012 гг. также не выявил существенных колебаний в структуре сообществ, обитающих в этих типичных нагульных биотопах камчатского краба.

В настоящий момент промысел камчатского краба в прибрежной зоне Баренцева моря (и на акватории российской части Варангер фиорда, в частности) официально закрыт. Номинально — из-за сверхдопустимого прилова маломерных самцов и самок при проведении ловушечного промысла в прибрежной зоне. При этом декларировано, что повреждения, которые получают некондиционные крабы при сортировке на борту судна, негативно сказываются на воспроизводственном потенциале популяции.

Такая проблема действительно существует, и связана она с отдаленными воздействиями декомпрессии и смертностью отсортированных особей камчатского краба после их выпуска в море. Исследования ВНИРО показывают, что промысловая смертность для различных видов крабов невысока, так при двукратных подъемах отход крабов не превышал 5–6% (Иванов, Соколов, 2003; Иванов, Карпинский, 2003; Алексеев и др., 2011; Моисеев и др., 2012; Моисеев, 2012а,б). Проведенные подвод-

ные наблюдения за работой крабовых ловушек позволяют утверждать, что влияния подъема крабов на палубу судна и отсортировку улова можно избежать, и это противоречие может быть снято при применении модифицированных ловушек с селективной вставкой из крупноячеистой дели (Переладов, 2010). В настоящее время, например, использование ловушек, обтянутых крупноячеистой делью (60–70 мм между соседними узлами) способствовал высокой селективности при промысле крабов-стригунов рода *Chionoecetes*, прилов особей самок и молоди самцов (как узкопалых так и широкопалых) с ШК менее 80–90 мм встречается редко (Моисеев и др., в печати).

В течение прошедшего десятилетия в баренцевоморской популяции камчатского краба сформировались обособленные промысловые группировки, сходные с промысловыми группировками, существующими на шельфе Западной Камчатки, так одна из баренцевоморских промысловых группировок сформирована восточнее полуострова Рыбачий с центром в районе Варангер фиорда (Моисеев и др., 2011). Кроме этого, в ряде работ показано, что Варангер фиорд в настоящее время не имеет решающего значения в воспроизводстве основных российских промысловых запасов камчатского краба, расположенных на востоке Баренцева моря — на Мурманском мелководье и Канинской банке уже ряд лет существуют собственные центры воспроизводства этого вида (Беренбойм, 2003; Золотарев, 2008; Буяновский 2011; Переладов, 2011).

В заключение для сравнения необходимо отметить, что на норвежской акватории Варангер фиорда (на расстоянии 20 миль к западу от изучаемого полигона ВНИРО) на протяжении около 10 лет промысел камчатского краба в прибрежной зоне успешно ведет от 150 до 200 малотоннажных судов (Sun-det, 2010). Объемы вылова камчатского краба в Норвежской зоне Варангер фиорда по экспертной оценке составляют не менее 1,2–1,5 тыс. тонн.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАГУН ЛИНЬЯЛАМПИ И СИСЯЯРВИ (ВАРАНГЕР-ФЬОРД, ЮГО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ БАРЕНЦЕВА МОРЯ): ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, ДОННЫЕ СООБЩЕСТВА И ВЛИЯНИЕ НА НИХ ИНТРОДУЦИРОВАННОГО КАМЧАТСКОГО КРАБА (*PARALITHODES CAMTSCHATICUS*)

М.В. Переладов¹, Василий А. Спиридонов², С.Е. Аносов¹,
А.А. Бобков³, Т.А. Бритаев⁴, Ю.В. Деарт⁴, А.В. Лабутин¹,
У.В. Симакова², Виктор А. Спиридонов⁵

1 — Всерос. науч.-иссл. ин-т рыбного хозяйства и океанографии;
2 — Ин-т океанологии им. П.П. Шишова РАН; 3 — Географический ф-т, СПб ГУ; 4 — Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН; 5 — Всерос. науч.-иссл. ин-т геологических, геофизических и геохимических систем.

На фьордовых и фиардовых побережьях Фенноскандии и Кольского полуострова в Баренцевом и Белом морях встречаются губы (ковши) и заливы размера порядка 1–100 км², в которых глубокие внутренние части отделены от моря узкими и мелководными протоками. В куту губы Амбарной (Варангер-фьорд) располагаются два небольших ковша, или лагуны, соединенные между собой и с морем узкими мелководными проливами. Они известны под названием соленых озер Линьялампи и Сисяярви. Литературные данные по этим водоемам крайне скудны. Краткая характеристика литоральных поселений мидий в лагунах Линьялампи и Сисяярви в 1961 г. дана в работе Н.Н. Романовой (1969), посвященной изучению запасов промысловых моллюсков Баренцева моря. В 1981 г. поселения мидий были повторно обследованы И.А. Садыховой (личное сообщение). Следующим этапом стало ежегодное (с 2001 г.) обследование российской части Варангер-фьорда (включая лагуны), проводящихся с 2001 г. экспедициями ВНИРО (с развертыванием полевого стационара на п-ове Немецкий) и направленных на изучение динамики популяций камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*), акклиматизированного в Баренцевом море, других промысловых беспозвоночных и их биоценотического окружения. К настоящему времени (конец 2012 г.) выполнено 27 гидробиологических съемок прибрежной зоны в диапазоне глубин от уреза воды до 120 м с помощью легководолазной техники, применения буксируемых видеокамер и ловушечных съемок. В ходе наблюдений было отмечено, что в течение года на акватории лагун обитает значи-

тельное количество камчатского краба всех размерных групп обоих полов. Здесь же происходит массовое оседание личинок крабов, нагуливается молодь и происходит спаривание взрослых особей (Переладов, 2003; Вилкова, Сабурин, 2006). В лагунах исследовалось и питание крабов (Ржавский, Переладов, 2003). При этом малые размеры лагун и стабильный гидрологический режим позволяют крабам в течение года практически равномерно распределяться по всей акватории и, следовательно, оказывать относительно равномерную нагрузку на кормовой бентос — в отличие от сильно меняющегося во времени и пространстве воздействия камчатского краба в открытых частях прибрежной зоны. Таким образом, лагуны губы Амбарной могут оказаться удобным объектом для изучения эффекта, оказываемого питанием и поведением этого вида-вселенца на сообщества прибрежной зоны, которое активно обсуждается в научной литературе и СМИ, в наиболее «чистом» виде. С учетом этого обстоятельства в 2010, 2011 и 2012 гг. сотрудниками ВНИРО, ИПЭЭ РАН, ИО РАН и С-СПбГУ были предприняты совместные комплексные исследования лагун Линьялампи и Сисяярви. В августе 2011 г. были выполнены описания геологических характеристик и геоморфологии берегов, а также промеры глубин (табл. 1). Для оценки приливо-отливной изменчивости океанологических условий под западным берегом лагуны Сисяярви на глубине около 6 м выставлен мареограф (преобразователь гидростатического давления) «Прилив-2Д», позволяющий регистрировать колебания уровня и температуры воды на горизонте установки. Общий период измерений составил 8 суток, дискретность отсчетов — 1 час. Для оценки термического режима вблизи от места постановки мареографа на различных горизонтах проводили измерения датчиками Thermochron (дискретность измерения температуры воды 10 мин.). Для характеристики режима приливо-отливного течения, входящего в губу Амбарную и лагуны со стороны Баренцева моря, на восточном берегу обеих перемычек, разделяющих губу Амбарную и оба ковша, тогда же были организованы поплавковые наблюдения над приливным потоком, имеющие целью оценить его скорость и моменты перемены направления течения. Сборы макробентоса дночерпателем Экмана (закрываемого водолазом) выполнены на стандартных станциях в 9 точках с повтором большинства станций в течение летних се-

зонов 2011–2012 гг. Два водолазных ландшафтно-экологических профиля от глубин 15–20 м до берега с описанием грунтов, форм рельефа, водной растительности и доминирующих форм макрозообентоса выполнены в 2011 г. в обоих ковшах неподалеку от входов. Водолазные станции с отбором количественных проб (3 повторности с использованием рамки 0.25 м² + фотографирование положенных на дно рамок) взяты в биотопах, где отбор количественных проб дночерпателем затруднен — в зарослях ламинарии и на гравийно-галечных грунтах с сообществом модиолы (*Modiolus modiolus*). Учеты камчатского краба и других форм крупного бентоса выполнялись ежегодно на 8 стандартных водолазных разрезах в лагуне Линьялампи и северной части лагуны Сисяярви. Кроме этого в 2011 г. выполнено описание литорали с отбором качественных проб фито и зообентоса восточного берега лагуны Линьялампи (с количественным учетом мидий в нескольких точках).

Таблица 1. Некоторые морфометрические характеристики лагун Линьялампи и Сисяярви. Расчет площади, протяженности береговой линии и минимальной ширины входного пролива по топографической карте масштаба 1:50 000.

Лагуна	Площадь, м ²	Протяженность береговой линии, м	Минимальная ширина входного (северного) пролива, м	Минимальная глубина входного пролива на малой воде, м	Максимальная глубина, измеренная в 2011 г., м
Линьялампи	394234; 393380*	3041; 3150*	43,7	< 1	31
Сисяярви	629899	4209	43,6	1,5–2	41

* с учетом островка.

Предварительные данные позволяют охарактеризовать ковш губы Амбарной, как структуру тектонического происхождения, в формировании которой, приняли участие 4 системы

разломов: северо-северо-восточного, северо-северо-западного (наиболее молодая), восточно-северо-восточного и западно-северо-западного простирания. Восточный берег губы Амбарной расположен в зоне контакта крупного массива архейских гранитоидов. С юга этот массив обрамлен широкой западно-северо-западной зоной разлома (район первого ковша, с которой связано внедрение основных пород палеопротерозойского возраста, предположительно ортоамфиболитов. По северо-северо-восточному разлому заложен ковш Сисяярви. Существенная роль в структурном плане принадлежит системе сбросов восточно-северо-восточной ориентировки. Амплитуда сброса, ограничивающая систему озер с юга, оценивается в 30–40 м. Аналогичный сброс фиксируется в районе внешней перемычки, отделяющей лагуну Линьялампи от губы Амбарной. В четвертичном периоде рельеф местности был «омоложен» деятельностью ледников. В основном, направление движения ледника совпадало с направлением основных морфоструктур, что усилило контрастность рельефа. В береговой зоне лагун представлены разнообразные денудационные формы рельефа: бараны лбы, отвесные уступы (клифы), пологовершинные горные массивы и др. Меньшую площадь занимают аккумулятивные формы: флювио-гляциальные равнины, морены, пляжи.

Колебания уровня в лагуне Сисяярви имеют выраженный полусуточный характер и почти синхронны с приливным циклом в близлежащих пунктах Варде (Норвегия) и Екатерининская гавань (полуостров Рыбачий), однако имеют меньшую амплитуду. В процесс водообмена вовлечена баренцевоморская поверхностная водная масса. Измеренная максимальная скорость течения в фазы прилива и отлива оценивается соответственно в 0,7–1,2 см/с и 2,3 см/с у внешней перемычки и в 0,4–0,6 см/с и 1,5 см/с у внутренней. Средние скорости течения в проливах составляют около 0,4 см/с. Приливные течения перемешивают толщу воды в лагуне Линьялампи и северной части лагуны Сисяярви в то время как во внутренней части Сисяярви с глубинами более 20 м наблюдается температурная стратификация. На большей части обследованных участков в диапазоне глубин 10–25 м преобладают песчаные грунты со значительным включением крупноразмерных фракций: гравия, ракушки, обломков литотамния, и лишь в районе конуса выноса небольшой речки в первом ковше и в куту лагуны

Сисяярви, куда впадает ручей, большую роль играют тонкие фракции осадков.

Поясность донных сообществ лагун в целом соответствует той, что наблюдается в закрытых губах Баренцева моря: литораль с обильным развитием фукоидов, в частности *Fucus serratus*, береговой склон, покрытый сплошными зарослями ламинариевых водорослей и десмарестии (до глубины 11–13 м), ниже которого (до глубины 20–25 м) располагаются биотопы и сообщества песчано-гравийного дна, внешний облик которых определяют крупные двустворчатые моллюски модиолы, гребешки (*Chlamys islandica*), другие фильтраторы-сестонофаги, такие как асцидии и баянусы, а также местами литотамний. Кутовая часть лагуны Сисяярви занята биотопами илисто-песчаных грунтов, для которых характерно развитие поселений крупных двустворчатых моллюсков циприн (*Arctica islandica*). Во всем исследованном диапазоне глубин для донных сообществ характерно присутствие и часто доминирование мидий (*Mytilus edulis*), особенно плотные поселения которых располагаются в проливах и на литорали.

Предварительный анализ донных сообществ (по данным 2010 г.) с помощью метода сравнения кривых накопления численности и биомассы (ABC — см. Clark, Warwick, 2001) что часть сообществ донной инфауны в лагуне Сисяярви находятся под воздействием некоторого стрессового фактора. Влияние этого фактора препятствует накоплению в бентосе относительно крупных (и предположительно более долгоживущих форм), и преимущество получают мелкие формы. Таким фактором может быть, в частности, постоянное присутствие активного хищника — камчатского краба. Дальнейшие исследования лагун Линьялампи и Сисяярви представляются в высшей степени актуальными как в плане дальнейшего изучения экосистемы отделяющегося водоема, так и в перспективе мониторинга воздействия лососевой аквакультуры, развивающейся в настоящее время в губе Амбарной.

Исследование поддержано программой ресурсных исследований ВНИРО и проектами РФФИ 10-04-01764-а и 11-04-10137-к.

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛОМОРСКОЙ
БИОСТАНЦИИ МГУ В БАБЬЕМ МОРЕ В 1950–60-Е ГОДЫ

Н.М. Перцова

Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

Бабье море — водоем Кандалакшского залива Белого моря, отделенный от залива островом Великим и сообщаемый с ним двумя протоками, называемыми Купчинским и Городецким порогами. Купчинский порог отделяет Бабье море непосредственно от залива, Городецкий граничит с проливом Великая Салма.

В 1950–1960 гг., с начала проведения регулярной морской практики студентов кафедры зоологии беспозвоночных на Беломорской биостанции МГУ, в доступных близлежащих районах, к которым относилось и Бабье море, Н.Л. Семенов и В.И. Старостиным под руководством В.А. Броцкой впервые было начато изучение состава, обилия и распределения донной фауны и зоопланктона. Сезонные и суточные изменения гидрологических условий и вертикальное распределение зоопланктона были исследованы Н.П. Логиновой под руководством Н.М. Перцовой. Работы проводились летом, осенью и зимой на постоянной станции в районе наибольшей обнаруженной в Бабьем море глубины 37 м между о. Еловым и Бабьими лудами.

В.И. Старостиным в Бабьем море были найдены как бореальные, так и арктические виды зоопланктона, встречающиеся в Кандалакшском заливе. Арктические виды были найдены на станциях с глубиной, превышающей 15 м. Было также отмечено исчезновение из планктона некоторых видов осенью, которое впоследствии было объяснено их гетеротопностью и наличием у них покоящихся стадий (Перцова, 1974). Биомасса зоопланктона в Бабьем море летом оказалась выше, чем в Великой Салме.

Суточные станции для изучения суточных изменений распределения зоопланктона проводились Н.П. Логиновой в августе и сентябре 1961 г. Пробы брали через каждые 3 часа и тогда же измеряли температуру и соленость воды. Толщу воды от дна до поверхности облавливали по слоям: 0–5 м, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30 и 30 м – дно; измерения температуры и

солености проводили на глубине 0,5; 5; 10; 15; 20; 25; 30 м и у дна. Зимой, в феврале 1962 г., такие работы провели однократно. По распределению температуры и солености было выделено 3 слоя вод: верхний (0–10 м), имеющий более или менее обычную температуру и соленость, средний слой (10–15 м) — слой скачка, в котором происходили максимальные изменения обоих показателей и нижний, наиболее холодный и наименее динамичный слой (15 м – дно). Слой скачка был наиболее беден зоопланктоном.

Качественный состав зоопланктона в Бабьем море беднел от лета к зиме вплоть до полного выпадения многих видов. Биомасса зоопланктона зимой, также как и летом, была выше, чем в Великой Салме. Перемещение зоопланктона по вертикали в течение суток носило характер правильных (*Calanus glacialis*) и неправильных (инвертированных) вертикальных миграций. На основании данных о суточных перемещениях зоопланктона, а также распределении изоплет и изогалин Н.П. Логиновой была выдвинута гипотеза о наличии внутренних волн в исследованном районе и возможности их влияния на распределение зоопланктона.

Взросшее в последние годы внимание к отделяющимся от Белого моря водоемам, возможно, поможет продолжить эти работы, успешно начатые студентами и сотрудниками на Беломорской биостанции МГУ еще в 1950-е годы, но не продолжавшиеся далее 1960-х.

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ РАКООБРАЗНЫЕ БЕЛОГО МОРЯ, ИЛИ УСПЕХИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАНОЗООЛОГИИ

А.С. Петрунина¹, Г.А. Колбасов²

1 — Каф. зоологии беспозвоночных Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, 2 — ББС им. Н.А. Перцова Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

Белое море и окрестности ББС МГУ в частности оказались уникальным местом для исследования микроскопических ракообразных класса Tantulocarida. Эти миниатюрные паразитические рачки (размеры личинки всего 80–110 мкм), были выделены в отдельный класс только в 1983 г. (Boxshall,

Lincoln, 1983), хотя первые находки были сделаны еще в начале XX в. (Bonnier, 1903). Описание тантулокарид в основном делают по единичным экземплярам, которые добывают с огромных глубин Мирового океана. Неудивительно, что сложный жизненный цикл Tantulocarida, сочетающий половую и партеногенетическую фазы, паразитические и свободно живущие стадии, прослежен не полностью. Внутреннее строение тантулокарид исследовалось только на тотальных препаратах и на световом уровне, что, очевидно, не дает возможности получить достоверные данные. Однако их анатомическое строение крайне необычно, имеются многочисленные видоизменения, связанные с паразитическим образом жизни и миниатюризацией: в цефалоне личинки тантулюса имеется непарный кутикулярный стилет, служащий для прокалывания покровов хозяина, а также парные цементные железы, выделяющие белковый секрет, который прочно удерживает личинку на поверхности хозяина. Питание тантулюса осуществляется при помощи, так называемой, корневой системы — разрастания передней кишки, которое проникает внутрь тела хозяина через прокол, сделанный стилетом. Онтогенез тантулокарид протекает очень своеобразно: половые стадии развиваются внутри прикрепленной личинки, в кутикулярном мешке, который увеличивается в размерах без линьки, и получают питание через специальную пуповину, соединяющую их с хозяином. Таким образом, класс Tantulocarida, в целом, является самым мало изученным среди ракообразных. Кроме того, остается неясным и систематическое положение этого крупного таксона на древе Crustacea. По существующей гипотезе ближайшими родственниками тантулокарид являются ракообразные класса Thecosetacea. Однако это предположение делается на основании лишь двух морфологических признаков: положения гонопора самца на седьмом сегменте тела и гонопора самки на первом грудном сегменте. Современные методы определения родственных связей по генетическим маркерам не применялись, что связано с исключительной сложностью выделения ДНК из эктопаразитических организмов таких микроскопических размеров.

В 2004 г. тантулокариды были впервые обнаружены в проливе Великая Салма (Корнев, 2004). Оказалось, что на глубине всего 20–30 м между Крестовыми островами и Бухтой Био-

фильтров в изобилии процветают два новых для науки вида этих ракообразных, которые позже были описаны как *Arcticotantulus pertzovi* Kornev, Tchesunov, Rybnikov 2004 и *Microdajus tchesunovi* Kolbasov et Savchenko 2010. Отличить личиночные и партеногенетические стадии этих рачков на световом уровне не возможно, облегчает задачу только то, что они селятся на разных хозяевах: гарпактицидах (*Bradya typica*, *Pseudobradya acuta*) и клешнеоносных осликах (*Typhlotanaïs sp.*) соответственно. Небольшая глубина обитания, шаговая доступность от морского стационара, а также относительная простота процесса пробоотбора позволяют получать живой материал, благодаря чему было сделано несколько интересных открытий. Впервые выделена ДНК тантулокарид, получены сиквенсы гена 18S и построено филогенетическое дерево, отображающее родственные связи тантулокарид с другими ракообразными. Достоверно доказаны близкородственные отношения Tantulocarida и Thecostraca. Более того, тантулокариды попадают внутрь таксона Thecostraca, как сестринский таксон усоногим ракообразным Cirripedia. Этот факт требует дополнительного подтверждения на большем количестве генетических маркеров, однако в пользу него свидетельствует наличие у обеих групп уникальной морфо-физиологической адаптации — способа фиксации на субстрате при помощи клейкого цемента. Отработанная методика выведения свободно плавающих дефинитивных самцов, позволила впервые подробно описать морфологию, включая ультраструктуру этой стадии жизненного цикла тантулокарид на примере обоих беморских видов. Полученные сведения были использованы при проведении сравнительного анализа морфологии самцов тантулокарид, который выявил некоторые общие признаки. По-видимому, для всех видов изначально характерно наличие двух групп по четыре эстетаска в передней части цефалоторакса, семи пар пор с сенсиллами на карапаксе, парных щетковидных щетинок на тораклоподах 1–6, а также трех фуркальных щетинок. Впервые выполнено исследование внутреннего строения тантулокарид с применением трансмиссионной и сканирующей электронной микроскопии, благодаря чему впервые получены достоверные данные об их анатомии. Цефалон прикрепленной личинки содержит следующие элементы: хоботок — непарный тонкостенный кутикулярный орган,

который служит для выделения цемента, две пары секреторных протоков, имеющих армирующие кольцевые утолщения, и идущих к парной цементной железе. Также имеется непарный стилет, способный выдвигаться через ротовое отверстие тантулюса. Стилет имеет сплошной конец и не может служить для впрыскивания в тело хозяина каких-либо веществ. Кишка личинки в передней части разрастается и прорастает под покровы хозяина, через прокол, оставленный стилетом. Таким образом, развивается корневая система, выполняющая трофическую функцию. Средняя кишка проходит через весь цефалон личинки и проникает в кутикулярный мешок, где образует так называемую пуповину, снабжающую питательными веществами развивающегося самца или партеногенетические яйца. Показано, что многие структуры личинки подвергаются резорбции после ее оседания на хозяине, в частности, рассасывается мышечный аппарат тантулюса, который обеспечивал его перемещение в толще воды, а также движение стилета. Интересные особенности были обнаружены в ходе исследования дефинитивных самцов вида *A. pertzovi*: существенный объем цефалоторакса в его передней части занимает так называемая соотовидная структура — загадочная ткань, до сих пор не описанная для других ракообразных. Она представляет собой плотно расположенные клетки, несущие каждая обширную вакуоль и электронно-плотное утолщение. Попытка увидеть в соотовидной структуре скопление сперматозоидов не увенчалась успехом, так как внутри клеток не были обнаружены очевидные митохондрии, ядра и микротрубочки аксономы жгутика. Предполагается ее запасающая функция, так как известно, что свободно плавающие самцы, вынужденные расходовать энергию на поиски избранницы, не имеют ротового отверстия и не питаются.

ОСОБЕННОСТИ ЗАСЕЛЕННОСТИ МОРСКИХ ЗВЕЗД *ASTERIAS RUBENS* L. КОПЕПОДАМИ *SCOTTOMYZON GIBBERUM* SCOTT В ОКРЕСТНОСТЯХ БЕЛОМОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ИМ. Н.А. ПЕРЦОВА

А.А. Поромов, А.В. Смуров

Кафедра общей экологии МГУ им. М.В. Ломоносова

Симбиоз широко распространен в природе, а симбиотические ассоциации часто играют ключевую роль в поддержании нормального функционирования наземных, пресноводных и морских экосистем. При оценке биоразнообразия обычно не принимают в расчет, что учитываемые организмы являются хозяевами различных экто- и эндосимбионтов. В тоже время, биоразнообразие симбионтов, как правило, значительно превышает биоразнообразие их хозяев. На симбионтов оказывается двойное действие среды — с одной стороны внешней среды, а с другой среды хозяина, внутренней для эндосимбионтов и наружной для экзосимбионтов. Таким образом, учет симбиотических, в том числе и паразитических, организмов, а также исследование состояния симбиотических ассоциаций позволяют более точно оценить биоразнообразие и характер динамических процессов в экосистемах и могут быть рекомендованы в качестве важных элементов экодиагностических и биоиндикационных исследований (Смуров, 2003).

В качестве объекта исследования выбран симбиоз массового литорального вида морских звезд *Asterias rubens* L. и обитающих на них копепоид *Scotomyzon gibberum* Scott. Взрослые самки *S. gibberum*, обитающие на коже морских звезд *A. rubens*, индуцируют образование галлов. Личиночные стадии, самцы и молодые самки — свободноживущие и обитают непосредственно на поверхности тела хозяина, как типичные эктосимбионты. Ареал исследуемых видов распространяется по территории северных морей России. В работе приведены исследования симбиоза, как возможного биоиндикатора качества прибрежных вод северных морей.

Работы проводились в районе расположения Беломорской биологической станции МГУ им. М.В. Ломоносова и на территории Кандакшского государственного заповедника. Для территории кута Ругозерской губы характерна близость железнодорожной станции с интенсивным движением ж/д транспорта,

впадает речка Пояконда, протекающая через одноименный поселок, находятся причалы для многочисленных малых и причал для средних судов. Чернореченская губа характеризуется интенсивным движением малых судов, сюда впадает одноименная речка, протекающая через населенную деревню Черная речка.

Морских звезд *A. rubens* собирали с 13 точек, в течение всего вегетационного периода 2012 г. Сбор морских звезд проводился в Белом море на акваториях Ругозерской, Чернореченской, Кислой губ и «Бабьего моря».

Для характеристики заселенности рассчитывались три основных показателя численности симбионтов, широко используемые в паразитологических исследованиях: экстенсивность (среднее количество симбионтов на хозяине), интенсивность (относительное количество хозяев, имеющих симбионтов) и индекс обилия, которые, по сути, являются показателями заселенности хозяина (Аниканова и др., 2007).

Проведен анализ, описывающий размерную изменчивость морских звезд и показывающий соотношение размеров морских звезд *A. rubens* и зараженности копеподами *S. gibberum*, что позволяет определить наиболее зараженный размерный класс морских звезд. Полученные размерные границы используются, как ограничивающие при сборе морских звезд *A. rubens* с целью оценки влияния условий окружающей среды на зараженность и применение основных паразитологических индексов для биоиндикации по полученным данным.

Показана сезонная цикличность заселенности морских звезд в течение вегетационного периода с минимальными значениями в июне и возрастание до октября. Отмечается увеличение относительного возраста последней копепоидной стадии *S. gibberum* и доли самцов.

Проведен анализ расположения самок копепоид *S. gibberum* по поверхности морских звезд и приуроченность к одиночному расположению или образованию галл. По полученным данным выделяются морские звезды, собранные в районе «Бабьего моря».

Исследованы пространственные особенности размерных, возрастных и репродуктивных показатели копепоид *S. gibberum*. По этим показателям при использовании интегральных значений, полученных методом анализа главных компонент,

можно выделить в один кластер точки у острова Великий, в Бабьем море, у Крестовых островов, точки «Пирс ББС» «У креста»; точки на Черной речке и в Кислой губе во второй и остальные точки в третий кластер.

По значениям индексов заселенности выделяется кластер точек включающих Половые острова, Бабье море и Черную речку, кластер с противоположными значениями включающий Еремеевские острова, и кластер с промежуточными значениями, включающий все остальные точки. Можно предположить, что это связано со степенью антропогенного воздействия. Точка у Половых островов, наиболее приближенная к куту Ругозерской губы и верховья Чернореченской губы характеризуются повышенной антропогенной нагрузкой за счет хозяйственной деятельности и интенсивного использования маломерных судов. Бабье море за счет гидрологических особенностей и рельефа береговой линии характеризуется высокой интенсивностью аккумуляции веществ, в том числе и загрязняющих, поступающих сюда с одной стороны из пос. Пояконда, с другой из г. Кандалакша (Пересыпкин, 2004).

При анализе изменчивости индексов заселенности морских звезд *A. rubens* копеподами *S. gibberum* с глубиной выделяется прибрежная зона с глубиной 1 метр, характеризующаяся статистически достоверно отличающимися низкими показателями заселенности. Возможно, это связано с различиями в размерной структуре морских звезд, для прибрежной зоны характерны ювенильные морские звезды, которые еще не заселены копеподами, а заселение происходит при миграции звезд с литорали на большие глубины. На глубине 1 метр неблагоприятные гидрологические условия для самих подвижных стадий копепод — приливно-отливные течения, перепады температур, опреснение. Значения заселенности в остальных точках статистически достоверно не отличаются. Наибольшие значения заселенности на глубине 10 метров. Возраст копепод на разных глубинах не отличается.

Таким образом, полученные результаты показывают возможность применения показателей заселенности морских звезд *A. rubens* копеподами *S. gibberum* с целью биоиндикации качества морской среды. Однако требуются дальнейшие, более подробные, исследования сезонной и пространственной динамики заселенности и сопоставление полученных данных с физико-химическими параметрами среды.

КУЛЬТИВАЦИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ БЕЛОМОРСКИХ АТЕКАТНЫХ ГИДРОИДОВ (CNIDARIA, HYDROZOA) ИЗ СЕМЕЙСТВ BOUGAINVILLIDAE, RATHKEIDAE, PANDEIDAE

А.А. Прудковский

Каф. зоологии беспозвоночных, Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова.

Гидромедузы *Bougainvillia superciliaris*, *Rathkea octopunctata*, *Halitholus cirratus*, *Catablema vesicarium* регулярно или периодически встречаются в акватории биостанции, но мало что известно о местообитании их полипоидной стадии развития в Белом море. Мелкие полипоидные колонии многих атекатных гидроидов крайне сложно обнаружить на естественных субстратах в море. Еще больше трудностей вызывает различение морфологически сходных полипов и колоний разных видов. Жизненный цикл *B. superciliaris* и *R. octopunctata* нам полностью известен благодаря культивации гидроидов из Северного моря (Werner, 1958, 1961). О взаимосвязи беломорских гидроидов *Perigonimus yoldia-arcticae* и медуз *Halitholus cirratus* мы можем только предполагать (Schuchert, 2007). И наконец, полипы *C. vesicarium* до сих пор не были описаны. Чтобы проследить жизненный цикл этих видов я культивировал медуз и полипов в экспериментальных условиях на беломорской биостанции МГУ.

Медуз содержали в небольших емкостях объемом 1–2 л при температуре 10–12°C. Морскую воду в культуральных емкостях меняли 2–3 раза в неделю. Медуз *B. superciliaris*, *R. octopunctata*, *H. cirratus*, кормили концентрированным поверхностным зоопланктоном. Крупных медуз *C. vesicarium* поместили в аквариум с «глубоководным зоопланктоном», состоящим из живых копепод *Metridia longa*, *Calanus glacialis* и недавно умершими морскими стрелками *Sagitta elegans*. Эксперимент оказался удачным: медузы не только захватывали живых копепод, но также подбирали со дна мертвых морских стрелок. Способность медуз подбирать пищу со дна позволила в дальнейшем подкармливать медуз кусочками мидии. Однако медузы имеют широкий спектр питания, они способны питаться мелкими прибрежными рачками, личинками моллюсков и кольчатых червей, а также гидроидными медузами *B. superciliaris*.

Культивация *Rathkea octopunctata* и *Bougainvillia superciliaris* была полностью успешной. Яйца *B. superciliaris* развиваются на стенках желудка медуз. Со временем они вытягиваются в длину и превращаются в ресничных личинок, планул, которые переходят к самостоятельной жизни в толще воды. Планулы оседают, образуют донные колонии и т.д. (Прудковский, 2012). Яйца *R. octopunctata* развиваются в толще воды или на поверхности субстрата. После дробления яиц в экспериментальных емкостях появилось множество подвижных планул. Для успешного оседания планул на дно аквариума помещали стекла со сформированной бактериальной пленкой. Местообитание полипов в Белом море — не известно. В акватории биостанции, несмотря на регулярный сбор материала, за период с 2003 по 2012 гг. было поймано всего несколько медуз данного вида. Однако высокая численность медуз была обнаружена в июне 2012 г. в частично изолированном от моря водоеме — озере на «зеленом мысу». Этот материал и был использован для культивации.

Новые колонии *R. octopunctata* появились на стеклах в местах оседания планул 25 июня. Сформированные колонии были помещены в проточную аквариумную систему. Первое время колонии на стеклах росли медленно. К 6 июля только на некоторых из колоний появились новые полипы. Размеры полипов 9 июля не превышали 300–400 мкм. В некоторых случаях одновременно с развитием яиц на манубриуме происходила деградация самих медуз *R. octopunctata*. Погибшая медуза опускается на субстрат, и развитие группы новых колоний происходит на этом же самом месте. Такие колонии были наиболее успешные и быстрее всего перешли к интенсивному росту.

Полипы образуются на стелющемся сетчатом столоне (Werner, 1958; Schuchert, 2007). Гидранты — цилиндрической или веретенообразной формы, без ножек. Под вытянутым гипостомом располагается один круг из 4–6 щупалец. Щупальца, очень тонкие и длинные, несут нематоцисты эврителы и демонемы. Размер беломорских гидроидов — до 1 мм, при длине щупалец — до 2 мм. Самые маленькие полипы имели только 3 щупальца, более крупные — от 4 до 6. Расстояние между гидрантами в активно растущей колонии составляет $1,45 \pm 0,4$ мм.

Полипы питались зоопланктоном и придонными коловратками, реакции стрекательных капсул на жгутиконосцев, инфузорий и диатомей обнаружено не было. Самые мелкие полипы заглатывали только науплиев копепоид и микроскопических коловраток. При увеличении размеров гидрантов пищевой спектр расширяется. Крупные полипы способны заглатывать самых разных представителей прибрежного планктона, в том числе копепоид *O. similis*, ветвистоусых рачков *E. nordmanni* и велигеров моллюсков. Продолжительность переваривания полипом двух науплиев *Temora longicornis* составила 13 часов.

Около двадцати медуз *Halitholus cirratus*, пойманных у поверхности моря поблизости от биостанции в конце июня, культивировали в экспериментальных условиях при температуре 10–12°C. У большинства особей в гонадах находились созревающие яйца. Самцов среди собранных медуз обнаружено не было. Медузы охотно нерестятся в лабораторных условиях, яйца порциями выбрасываются из гонад и оседают на дно экспериментальных сосудов. Яйца имеют характерное строение, их поверхность усеяна стрекательными капсулами. Однако при дальнейшем наблюдении было установлено, что эти яйца имеют беловатые ядра и, по-видимому, не зрелые. Дальнейшего развития яиц в эксперименте не происходило.

Согласно описанию гидроидов европейского побережья (Schuchert, 2007), вид *H. cirratus* имеет стелящиеся по субстрату колонии, которые встречаются на раковинах двустворчатых моллюсков из сем. Nuculidae и Astartidae на глубинах до 100 м. Полипы, размером до 2 мм, имеют ножку, псевдогидротекту и около 6 щупалец. Жизненный цикл полностью не исследован. В Белом море гидроиды, известные под именем *Perigonimus yoldia-arcticae*, поселяются на раковинах живых моллюсков родов *Yoldia*, *Portlandia*, *Astarte* и др. (Наумов, 1960). Их размеры достигают 6 мм, а число щупалец — десяти. Я обнаружил эти колонии на моллюсках *Elliptica (Astarte) elliptica*. Полип с небольшим участком столона был осторожно перенесен на стекло. Через некоторое время колония сформировала новый стolon. Колонии культивировали при температуре 6°C и 12°C. Со временем число полипчиков на раковинах моллюсков и на экспериментальных стеклах заметно увеличилось, хотя площадь субстрата, занимаемая колониями, увеличивалась сравнительно медленно. Молодые полипчики трудноотличи-

мы от *B. superciliaris*, у крупных полипов обычно есть ножка и хорошо выражена чашечка из водорослевых обрастаний, которая формируется на поверхности псевдогидротек. Ножка бывает членистой. Размер полипов не превышал 2 мм. Гипостом конический, короткий. Число щупалец четное, от 4 до 12. В период активного роста в экспериментальных условиях большинство полипов имели 6 (43%) и 8 (39%) щупалец. Реже встречались полипоидные особи с 4 (8%) или 10 (10%) щупальцами. Щупальца умеренно длинные, лишь немногим длиннее самого полипа. На щупальцах находятся стрекательные капсулы эврителы и десмонемы. Расстояние между гидрантами в активно растущей колонии составляет $1,4 \pm 0,3$ мм.

На поверхность щупалец оседают и прилипают микроскопические водоросли и частицы детрита. Щупальца у полипов часто изгибаются сложным образом по направлению ко рту. Тем не менее, я не наблюдал заглатывание этих микроскопических пищевых частиц. При наблюдении раздавленного полипа под флуоресцентным микроскопом, диатомовые водоросли были в активном состоянии и покрывали внешнюю поверхность гидранта, но практически не встречались в составе содержимого гастральной полости. С другой стороны питание полипов организмами зоопланктона и придонными копеподами хорошо документировано. При вскрытии полипов в них часто встречаются полупереваренные копеподы, в клетках полипа видны окрашенные гранулы. Окраска полипа, по-видимому, зависит от питания. Сразу после сбора материала полипы имели беловатую окраску. Однако спустя неделю цвет полипов изменился на красноватый. Такой оттенок обычен для гидроидов *B. superciliaris* и доминирующих в поверхностном планктоне рачков *Microsetella norvegica*. Время переваривания крупной нематоды полипом *P. yoldia-arcticae* составляет 12 часов.

Во второй половине июня 2012 г. с пирса биостанции было поймано 5 медуз *Catablema vesicarium*, из которых две особи были ювенильные. Молодые медузки с высотой колокола около 10 мм имели 18 развитых щупалец и еще 5 зачаточных. Взрослые медузы имели колокол с размером 20–25 мм и 29 краевых щупалец. В гонадах самок к концу июня сформировались яйца, которые начали порциями выметываться в воду. Яйца – мелкие, покрыты железистой оболочкой и легко прилипают к любому суб-

страту. У единственного самца половые продукты созрели к 10 июля, когда было обнаружено, что некоторые из яиц начали дробиться. Только незначительная часть яиц начала дробиться, и большинство дробящихся яиц остановилось на ранних стадиях зародышевого развития. Тем не менее, 12 июля среди яиц было обнаружено несколько шарообразных ресничных личинок. Позже они развились в удлинённые малоподвижные планулы. Планулы сократимы, они обычно ввинчиваются в субстрат передним расширенным концом, и только изредка их можно обнаружить в толще воды. Планулы культивировали в небольших емкостях при температурах 6–8°C и 10–12°C в течение 2 недель. К концу июля была обнаружена единственная колония с одним развитым полипом и небольшим столоном. Размер полипа составлял 100–150 мкм. Колонию продолжили культивировать при температуре 10–12°C. Раз в 2–5 дней в емкости меняли воду и добавляли концентрированный зоопланктон. Маленькие полипы питаются редко. Было зарегистрировано заглатывание небольших трудно идентифицируемых объектов, по размерам сравнимых с крупными инфузориями. Это могли быть инфузории, мелкие колоники или части уже умерших организмов. Долгое время колония росла линейно и не ветвилась. К началу сентября размеры этой колонии достигли 1 см, и на ней выросло 10 полипов. Более крупные полипы, размером до 500 мкм, питаются нематодами, науплиями прибрежных копепод, рачками *Oithona similis*. Время переваривания небольших науплиев при температуре 10–12°C составляет 15–19 часов. Расширение пищевого спектра в результате увеличения размеров отдельных полипов к началу сентября привело к интенсивному ветвлению столона. Окраска полипов не зависела от питания и оставалась беловатой.

Полипы *Catablema vesicarium* формируются на стелющемся сетчатом столоне. Расстояние между гидрантами в активно растущей колонии составляет $0,86 \pm 0,1$ мм. Гидранты цилиндрической или веретенообразной формы, они имеют размеры до 500 мкм. Гипостом — конический, сравнительно короткий. Длина щупалец в расправленном состоянии обычно не превышает размеры полипа. Число щупалец варьирует от 3 до 8. Они расположены в 1 неправильный венчик. У недавно появившихся полипов обычно есть 3 или 4 щупальца. Новые щупальца — более короткие, они появляются парами, поэтому у более крупных полипов обычно 5–7 щупалец. Когда щу-

пальца вытянуты, то может возникнуть впечатление амфионатного расположения щупалец, за счет их неравной длины. На щупальцах находятся нематоциты эврителы и десмонемы.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА В РАЙОНЕ ББС МГУ:

1. АНАЛИЗ ВРЕМЕННОЙ СЕРИИ.

2. ГИДРОМЕДУЗЫ В ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ВОДОЕМАХ

А.А. Прудковский¹, Е.Д. Краснова², А.Н. Пантюлин³

1 — Каф. зоологии беспозвоночных, Биологический ф-т МГУ, 2 — Беломорская биостанция им. Н.А. Перцова, 3 — Географический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

1. Анализ временной серии

Распределение планктона — пятнистое в широком диапазоне пространственно-временных масштабов (Nauy et al., 1978). Согласно традиционным представлениям различные физические факторы среды, а также процессы в биологических сообществах, действуя в разных масштабах, приводят к многоуровневности изменчивости планктона. Сложность исследования изменчивости в малых масштабах связана с высокой динамичностью процессов. Целью нашего исследования был анализ пространственно-временной изменчивости численности прибрежного поверхностного морского зоопланктона, выполненный в нескольких временных масштабах, от нескольких минут до периода приливного цикла и изменчивости в течение месяца. Основные задачи — определить возможные источники изменчивости зоопланктона в данных масштабах: оценить роль поведенческих агрегаций организмов, процессов репродукции и развития, а также движения водных масс. Ежедневные повторные сборы поверхностного планктона сетью проводили дважды в день, на малой и полной воде, в июле 2009 г, с пирса беломорской биостанции им. Н.А.Перцова. Атмосферное давление и влажность воздуха, температуру воды и воздуха, скорость и направление ветра, а также уровень моря измеряли через каждые 30 мин при помощи стационарной метеостанции.

Распределение относительных отклонений ($K=(x_i-m)/m$) в парных пробах для большинства видов значимо не отличалось от нормального (критерий Колмогорова-Смирнова, $p=0,05$). Это означает, что поведение организмов или ветровое воздействие не оказывают существенного влияния на горизонтальное распределение исследуемых видов в данном масштабе. При увеличении временного масштаба изменчивость численности зоопланктона в пробах растёт. Численность на разных фазах приливного цикла может отличаться в 6–10 раз. Для большинства видов были хорошо выражены приливные колебания численности или колебания с периодом 1–2 дня. Численность копепоидов *Centropages hamatus*, *Pseudocalanus minutus* и *Microsetella norvegica*, науплиев *P. minutus* и *Oithona similis*, а также инфузорий *Parafavella* sp. была достоверно выше на полной воде (критерий Манна-Уитни, $p=0,05$). Хотя отличия для других видов и не были статистически достоверными, но полученные тенденции подтверждают направления продольных трендов численности зоопланктона вдоль губы, которые были также измерены в начале августа 2009 г на станциях трансекты. Например, численность науплиев *Verruca stroemi* и велигеров гастропод была выше на кутовых станциях трансекты, а сумма рангов критерия Манна-Уитни была выше для численности организмов в пробах на малой воде.

Исследуемые выборки численности зоопланктона в течение месяца нельзя считать стабильными, как по величине дисперсии, так и по величине среднего. Дисперсия изменялась пропорционально среднему, она была низкой для малых значений численности и возрастала при росте среднего. Динамика средних численностей различных видов зоопланктона в течение июля отражала влияние сложного комплекса внешних факторов и индивидуальных особенностей исследуемых видов. Колебания численности происходили в течение приливного цикла, в течение нескольких дней или недель. Согласно наиболее грубому усреднению полученных количественных данных, можно выделить несколько «типовых портретов» динамики численности организмов зоопланктона. Для некоторых видов максимальные значения численности были обнаружены в начале месяца (науплии *Microsetella norvegica*, велигеры *Mytilus edulis*, коловратки *Synchaeta* sp.). По-ви-

димому эти пики численности продолжали максимумы численности предыдущего месяца. Численность науплиев усоногих ракообразных *Verruca stroemi* и науплиев копепод *Acartia longiremis* также была выше в первую половину месяца. Численность инфузорий *Parafavella* sp. возрастала до середины июля и затем резко снизилась. Среднесуточная численность науплиев *M. norvegica*, *A. longiremis* и велигеров *M. edulis* изменялась очень плавно, автокорреляции имели положительные значения при сдвигах менее 9 дней. Такой тип изменения численности связан главным образом с динамикой нереста взрослых организмов, процессами развития рачков и оседания личинок. Для большинства копеподитных стадий развития копепод, кладоцер и некоторых науплиев копепод кривая изменения численности имела 2 или 3 пика, которые нельзя объяснить последовательной сменой генераций.

Изменение численности зоопланктона не было связано с большинством измеренных параметров среды (скоростью ветра, уровнем воды, величиной атмосферного давления). Для ряда видов (копеподиты *P. minutus*, *O. borealis*, *M. norvegica*, науплии *M. norvegica*, велигеры *M. edulis*) обнаружены отрицательные корреляции между численностью и температурой воды. Однако это объясняется противоположно направленными трендами этих показателей в течение месяца. Также численность многих видов коррелировала с температурой воздуха: положительные корреляции были обнаружены для большинства копеподитных стадий и кладоцер, отрицательные корреляции — для науплиев *A. longiremis*, *M. norvegica*, велигеров мидий, а также коловраток. В свою очередь среднесуточная температура воздуха имела такую же тенденцию изменения в течение месяца, как и среднесуточная дисперсия температуры воды ($r_s=0,523$; $p=0,003$).

Для изменения температуры воды в июле методом спектрального анализа были выявлены колебания с периодами $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$; 1; 2,6; 3,4; 3,9; 10,3; 15,5 дней. Высоочастотные пики с периодами $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$; 1 имеют приливной генезис. Колебания температуры с периодами от 2 до 4 дней (2,6; 3,4; 3,9) могут быть связаны с движениями водных масс в результате прохождения атмосферных фронтов. Однако они имели низкую значимость. Усиление процессов адвекции в исследуемый период было маркировано резким увеличением

изменчивости температуры воды 1–3 июля, 11–13 июля и 22–27 июля, что в грубом приближении соответствует низкочастотным пикам (10,3 и 15,5 дней) на периодограмме изменчивости температуры воды. Температурные различия на малой и полной воде в эти периоды составляли 5–7 градусов, что в 2–3 раза больше, чем в остальное время. При этом увеличение процессов адвекции в начале и в конце июля было связано с периодами сизигийных приливов. А высокая изменчивость температуры в середине июля, вероятно, была связана с действием сильного ветра 8–10 июля.

Динамика численности организмов с двумя или тремя пиками совпадала с периодами резких колебаний температуры воды и, вероятно, объясняется усилением процессов адвекции. На периодограмме для такого типа динамики численности были наиболее значимы пики с периодами 8,7 и 13 дней. Так как однозначная зависимость численности зоопланктона от фазы прилива отсутствовала, то в качестве показателя интенсивности адвекции была выбрана суточная дисперсия температуры воды. Численность усоногих ракообразных ($r_s = 0,477$; $p=0,021$), личинок мидий ($r_s = -0,456$; $p=0,029$), науплиев *M. norvegica* ($r_s = -0,471$; $p=0,023$), а также коловраток *Synchaeta* sp. ($r_s = -0,418$; $p=0,047$) имела отрицательные значения рангового коэффициента корреляции Спирмена с суточной дисперсией температуры воды. Выявлены положительные корреляции между суточной дисперсией температуры воды и численностью копеподитов *A. longiremis* ($r_s=0,415$; $p=0,049$), *C. hamatus* ($r_s=0,492$; $p=0,017$), *O. borealis* ($r_s=0,651$; $p=0,00$), науплиев *P. minutus* ($r_s=0,414$; $p=0,049$), кладоцер *P. leuckartii* ($r_s=0,457$; $p=0,029$), *E. nordmanni* ($r_s=0,429$; $p=0,041$).

Таким образом, один из наиболее важных источников вариации зоопланктона — это приливные колебания численности или колебания с периодом в несколько дней. Эти высокочастотные колебания заметно усиливаются в период сизигийных приливов или в результате действия сильных ветров. Определенный вклад в изменчивость численности в течение месяца могут вносить временные изменения, связанные с процессами роста и развития зоопланктона. Для большинства видов — это медленные процессы, которые выражаются в трендах в течение месяца. Полученные результаты важно учитывать при

изучении многолетних изменений в планктонных сообществах. Поскольку изменчивость зоопланктона определяет режим питания многочисленных потребителей планктона и интенсивность оседания личинок в определенных пространственных масштабах, то полученные результаты могут быть использованы при построении функциональных моделей прибрежно-пелагических и донных сообществ.

2. Гидромедузы в отделяющихся водоемах

В рамках междисциплинарного проекта «Отделяющиеся от моря водоемы на побережье Белого моря: инвентаризация и разработка типологии» был исследован видовой состав зоопланктона нескольких отделяющихся водоемов в окрестностях биостанции. В большинстве водоемов зоопланктон состоял из небольшого числа морских видов. В пробах встречались придонные взрослые копеподы. В некоторых водоемах встречались солоноватоводные веслоногие рачки *Acartia bifilosa*. Наиболее интересной находкой были гидромедузы *Sarsia tubulosa* и *Rathkea octopunctata*, обнаруженные в 2012 г. в озере на «Зеленом мысу». Единично медузы *R. octopunctata* встречались в озере уже в конце марта. А к середине июня численность выросла до 35 экз/м³. В акватории биостанции, несмотря на регулярный сбор материала, этот вид встречается крайне редко: за период с 2003 по 2012 гг. было поймано всего несколько медуз. В июне-июле в озере также были пойманы медузы *S. tubulosa*. Численность медуз в середине июня составляла около 10 экз/м³. В акватории биостанции медузоидные почки на колониях данного вида появляются уже в конце марта, а нерест происходит в июне. Тем не менее, медузы в озере в середине июня были ювенильные и недавно отпочковались от родительских колоний. Таким образом развитие медуз *S. tubulosa* в озере отстает от нормального на 1–2 месяца. Причины задержки, по-видимому, кроются в своеобразии гидрологического режима водоема. Хотя температура поверхностных слоев и мелководных акваторий моря к середине июня 2012 г составляла 10°C, но в озере сохранялась температурная стратификация и около дна температура была всего 3–4°C. Такая температура благоприятна для формирования медузоидных почек на колониях гидроидов *S. tubulosa* (Werner, 1963).

Пойманных медуз культивировали в экспериментальных условиях на биостанции вплоть до образования половых продуктов и нереста. Полипоидные колонии *R. octopunctata*, сформированные после оседания планул, также длительное время культивировали на биостанции в проточных аквариумах. В результате было показано, что полипы успешно выживают при тех значениях температуры и солености, которые обычны для акватории биостанции в летний период. Так как полипы поселяются на раковинах мидии и камнях (Schuchert, 2007), то не совсем понятна такая специфика местообитания вида в Белом море.

Полученные результаты позволяют рассматривать отделяющиеся водоемы, которые обладают разной степенью изоляции от моря и уникальными гидрологическими режимами, как резерваты, где обитают некоторые редко встречающиеся виды беспозвоночных, и своего рода «экспериментальные лаборатории», позволяющие наблюдать в естественных условиях влияние факторов среды на жизненные циклы гидробионтов.

ЛИЧИНОЧНЫЕ ЧЕРТЫ В ОРГАНИЗАЦИИ МИКРОСКОПИЧЕСКОГО ГИДРОИДНОГО ПОЛИПА *PROTOMYDRA LEUCKARTI* (HYDROZOA, CNIDARIA): СВИДЕТЕЛЬСТВО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЗА СЧЕТ ПРОГЕНЕЗА?

С.В. Пятаева

Каф. зоологии беспозвоночных, Биологический ф-т МГУ
им. М.В. Ломоносова

В окрестностях ББС МГУ им. Н.А. Перцова в среднем горизонте илисто-песчаной литорали обитает микроскопический червеобразный гидроидный полип *Protomydra leuckarti* (Cnidaria: Hydrozoa). Как и все стрекающие, *P. leuckarti* имеет стенку тела, состоящую из двух слоев — внешней эпидермы и внутренней гастродермы, внутренняя гастральная полость тела полипа сообщается с внешней средой единственным отверстием — ртом. Полип *P. leuckarti* около 400 мкм длиной, булабовидной или веретеновидной формы в вытянутом состоянии, или почти шаровидный в сокращенном, не имеет щупалец в отличие от большинства стрекающих. *P. leuckarti* передвигается в толще песка за счет волны

перистальтических сокращений, проходящих по телу, активно раздвигая песчинки раздувающимся передним концом и вбуравливаясь в толщу грунта. Такой тип движения в целом характерен для роющих животных. *P. leuckarti* способна на время приклеиваться к песчинкам при помощи прикрепительного диска, расположенного в основании полипа. Вся поверхность полипа выглядит бугристой из-за многочисленных разбросанных в эпидерме стрекательных капсул книдоцист, характерных для всех стрекающих. Несмотря на относительную медлительность и миниатюрные размеры, *P. leuckarti* является активным хищником и может существенно влиять на численность других мейобентосных животных из того же биотопа (Heip, Smol, 1975). Для этого вида известен очень широкий спектр питания (нематоды, личинки насекомых, гарпактициды, остракоды, гастротрихи и олигохеты). *P. leuckarti* поражает добычу стрекательными капсулами, на переднем конце полипа прорывается рот (который плотно сомкнут и абсолютно незаметен у непитающихся экземпляров) и полип медленно начинает поглощать жертву, как бы напозая на нее ртом. Жертва часто значительно превосходит полипа в длину и в результате оказывается свернутой в гастральной полости, где и происходит процесс переваривания.

P. leuckarti размножается бесполом путем за счет деления поперечной перетяжкой. О половом размножении известно, что у *P. leuckarti* нет медузоидной стадии и «гонада» (в виде крупной яйцеклетки у женских особей или скопления сперматозоидов у мужских особей) закладывается непосредственно в стенке тела полипа наподобие того, как это происходит у пресноводной гидры. Каким образом происходит оплодотворение и дальнейшее развитие, имеются скудные и противоречивые данные. Однажды удалось наблюдать, как зрелое яйцо высвобождается через разрыв в стенке тела полипа, после чего материнская особь погибает (Westblad, 1935), то есть дальнейшее развитие должно проходить во внешней среде. Однако позже были найдены несколько материнских особей с уже развивающимися внутри эмбрионами (Nyholm, 1951).

В целом *P. leuckarti* относительно просто устроена по сравнению с другими гидроидными полипами, что, конечно, может быть связано с нетипичным для стрекающих образом жизни (обитанием в толще песка) и миниатюризацией. Но механизмы такого эволюционного сценария не совсем ясны.

Нами было показано, что полип *P. leuckarti* демонстрирует некоторые черты личиночной организации. При исследовании тонкой морфологии *P. leuckarti* методами электронной микроскопии были обнаружены многочисленные дифференцирующиеся стрекательные клетки не только в составе эпидермы, но и в гастродерме, что типично для личинок гидроидных — планул, но не для полипов. Обычно дифференцирующиеся из интерстициальных клеток стрекательные клетки во время метаморфоза личинки прободают мезоглею и мигрируют в эпидерму развивающегося полипа. Возможно, микроскопический полип *P. leuckarti* произошел от более крупных гидроидных за счет прогенеза — ускорения созревания и приобретения возможности размножаться на более ранней ювенильной стадии, такое происхождение предполагается и для многих других групп мейофауны (Westheide, 1987). Миниатюризация за счет прогенеза рассматривается как важный адаптивный ответ при заселении беспозвоночными толщи грунта (Gould, 1977).

Автор выражает благодарность И.А. Косевичу за помощь в поиске экземпляров *P. leuckarti*. Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты №№ 11-04-00994 и 12-04-32149.

НОВАЯ НАХОДКА ИНТЕРСТИЦИАЛЬНОЙ МЕДУЗЫ
HALAMMOHYDRA SP. (CNIDARIA: HYDROZOA) В БЕЛОМ МОРЕ

С.В. Пятаева

Каф. зоологии беспозвоночных, Биологический ф-т МГУ
им. М.В. Ломоносова

Halammohydra — это необычная микроскопическая гидроидная медуза (Hydrozoa: Actinulida), которая обитает в капиллярном пространстве между частицами грунта морского дна — интерстициали. Впервые эта медуза была описана еще в двадцатых годах прошлого века, и в то время обнаружение медузы, обитающей в песке, стало своего рода зоологической сенсацией, изображение *Halammohydra* до сих пор отображено на эмблеме Международной ассоциации мейобентологов (www.meiofauna.org).

На сегодняшний момент описано около 10 видов рода *Halammohydra*, основная часть которых известна для Северного и Средиземного моря, севера Бретани (Франция), отдельные

находки известны для Баренцева и Балтийского морей, Индийского океана, восточного побережья США. Обнаружение *Halammohydra* в Белом море до сих пор не было опубликовано, однако С.Д. Степаньянц упоминает о наличии *Halammohydra schulzei* в акватории Белого моря (Степаньянц, 1989).

В течение июля и августа 2011 г. в окрестностях ББС МГУ им. Н.А. Перцова нами было собрано 16 экземпляров медуз рода *Halammohydra* из промытого песка «дюнок» на глубине 13–17 метров в сублиторали напротив биостанции. Тело *Halammohydra* прозрачное, высотой около 100–150 мкм, состоит из двух основных частей: совсем небольшого аборального конуса (гомологичного, видимо, зонтику планктонных медуз) и более крупного ротового стебелька (манубриума) с расположенным на его конце ртом. Обе части связаны узкой зоной, несущей длинные щупальца (от 7 до 25 у обнаруженных нами экземпляров), часто значительно превышающие длину остального тела в расправленном состоянии, и расположенное под ними кольцо органов равновесия — статоцистов. Тело полностью покрыто жгутиками, манубриум обычно крупный, округлый или грушевидный, но также было поймано несколько особей с совсем небольшим манубриумом величиной чуть больше аборального конуса. Клетки манубриума содержат многочисленные темные включения, придающие ему желтоватый, оранжеватый или розоватый оттенок. Видимо, цвет зависит от рациона питания медузы. В целом известно, что интерстициальные стреккающие могут питаться обитающими в этом же биотопе нематодами и гарпактицидами. *Halammohydra* поражает добычу стрекательными капсулами, разбросанными по всему телу и особенно сконцентрированными вокруг рта и на щупальцах, а затем заглатывает и переваривает ее в полости манубриума. Ни желудка, ни каналов гастроваскулярной системы у *Halammohydra* нет, что связано, видимо, с микроскопическими размерами медузы.

Нами обнаружено 3 особи с крупным манубриумом, сквозь поверхность которого просвечивало по одной крупной яйцеклетке. Особей с мужскими «гонадами» не обнаружено, но из литературы известно, что у *Halammohydra* раздельнополые медузы. После оплодотворения яйца развиваются в стадию с меньшим числом щупалец (4) и статоцистов (4) — халгидрулу, а затем с ростом животного их количество постепенно увели-

чивается (Swedmark, Teissier, 1950; 1957). Полипоидной стадии в жизненном цикле *Halammohydra* нет.

Во время плавного движения медузы в интерстициальном пространстве между частицами песка наибольшее значение имеет, видимо, биение жгутиков на поверхности тела. Реактивное движение, типичное для планктонных медуз, полностью утратилось в связи с обитанием в интерстициали, однако сохранилось направление движения: *Halammohydra*, как и планктонные медузы, движется аборальным полюсом вперед. Согласно нашим наблюдениям, некоторые щупальца также могут совершать гребные движения или выступать в роли руля, простираясь назад. Аборальный конус несет посередине углубление, наполненное слизистыми клетками, функционирующее как адгезивный орган. Экземпляры *Halammohydra*, если их потревожить, быстро прикреплялись к частицам грунта с помощью адгезивного органа и таким образом на время переходили к сидячему образу жизни, но при этом продолжали двигаться вокруг своей оси — это происходило за счет работы жгутиков на поверхности медузы, то есть медуза может вести полуприкрепленный образ жизни. Развитие прикрепительных органов в целом очень характерно для интерстициальной фауны и связано в первую очередь с подвижностью окружающей их среды (Swedmark, 1964). С этим же связано и развитие органов равновесия у многих интерстициальных животных, в том числе и наличие статоцистов у *Halammohydra*.

Видовую принадлежность обнаруженных нами экземпляров установить пока не удалось, так как количество щупалец и форма манубриума, описанные другими авторами как важные признаки при определении видов рода *Halammohydra*, значительно варьируют у обнаруженных нами экземпляров. Мы полагаем, что имеем дело с экземплярами разного возраста, так как количество щупалец увеличивается с возрастом у *Halammohydra*, что описано в литературе при наблюдении развития ювенильных *Halammohydra schulzei* (Swedmark, Teissier, 1957). Величина и форма манубриума также могут значительно меняться в зависимости от зрелости медузы (у зрелых медуз с яйцеклетками внутри, которые были пойманы, манубриум всегда был значительно увеличен). Существующая проблема определения видовой принадлежности представителей рода *Halammohydra* из-за значительной вариабельности отдельных призна-

ков, несмотря на общую простоту организации, и необходимость ревизии рода уже были заявлены в предыдущих исследованиях (Clausen, 1977).

Каким же образом медузы могли попасть из толщи воды в интерстициаль? Некоторое время миниатюрные актинолиды (Hydrozoa: Actinulida), к которым относится и *Halammohydra*, развивающиеся из личинки прямо в зрелую медузу без стадии полипа и характеризующиеся достаточно простой морфологией, считались предковыми формами для всех гидроидных, «живыми ископаемыми» интерстициали (Swedmark, Teissier, 1966). Однако, последние данные молекулярно-филогенетического анализа (по генам митохондриальной 16S рРНК и ядерных 18S и 28S рРНК) показали, что *Halammohydra* — это ближайший родственник крупных планктонных трахимедуз ропалонематид (Hydrozoa: Trachymedusae: Rhopalonematidae) (Collins et al., 2008). А. Коллинз с соавторами предполагают, что интерстициальные Actinulida произошли от планктонных трахимедуз за счет миниатюризации в результате прогенеза — то есть ускорения созревания и приобретения возможности размножаться на более ранней ювенильной стадии, такое происхождение предполагается и для многих других групп мейофауны (Westheide, 1987). Наличие жгутиков на поверхности, характерное лишь для личинок планул, но не для взрослых стадий других гидроидных, у зрелой медузы *Halammohydra* безусловно может рассматриваться как личиночный признак. С. Голд рассматривает миниатюризацию за счет прогенеза как важный адаптивный ответ при заселении беспозвоночными интерстициали (Gould, 1977). А. Коллинз с соавторами отмечают, что среди трахимедуз известны не только исключительно планктонные представители, но и виды, ведущие околодонный образ жизни. Возможно, эволюция таких медуз — предшественников актинолид — и послужила началом заселению интерстициали медузами (Collins et al., 2008).

Автор искренне благодарен А.Э. Жадан и Э.А. Шмаковой за помощь в сборе материала. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 12-04-32149.

Жизнь тектонического рельефа Керетского архипелага в голоцене

Ф.А. Романенко¹, Т.Ю. Репкина¹, А.В. Баранская²

1 — Географический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, 2 — Ф-т географии и геоэкологии СПбГУ

Активная тектоническая жизнь побережья Кандалакшского залива Белого моря в голоцене сейчас практически не ставится под сомнение (Арманд, Самсонова, 1969; Авенариус, 2004; Колька и др., 2005; Шевченко и др., 2007; Романенко, Шилова, 2012). Выявлены блоковое строение региона, активные современные и новейшие тектонические движения, преимущественно восходящие, установлена высокая сейсмическая активность в кустовой части залива. Остаются неясными региональные различия и величины относительных смещений разных блоков, возраст и сила землетрясений, история развития рельефа островов и побережий.

В поисках ответов на эти и другие вопросы в 2012 г. нами был организован рейс по островам Кандалакшского залива — в Керетский и Кузокоцкий архипелаги, на Соностров и прилегающие участки Карельского берега. С борта судна Беломорской биологической станции (ББС) МГУ «Научный» с высадками на острова и побережье проведены геоморфологическое картографирование суши и прилегающих участков морского дна, эхолотный промер (эхолот "Lowrance" LMS-480, привязка по GPS Garmin 60CSx), геоморфологическое профилирование, бурение озерно-болотных отложений (8 скважин на о-вах Средний, Кереть, Сидоров, Соностров и в основании п-ова Кузокоцкого общей длиной около 10 погонных метров), описание и опробование разрезов рыхлых отложений, дешифрирование АФС и космоснимков.

Все обследованные острова находятся неподалеку (не далее 10 км) от материкового берега, отделяясь от него глубокими (до 160 м) проливами различной ширины — от 150–200 м (Узкая Салма между Средним и материком) до 2 км (о. Боршовец). Высота их не превышает 65 м, что соответствует преобладающим на Прибеломорской низменности Карельского берега структурно-денудационным цокольным равнинам и мелкосопочнику максимальной высотой до 120–150 м. Они сложены гнейсами и кристаллическими сланцами беломорского

комплекса позднего архея, содержащими тела амфиболитов, дайки габбро, габбро-норитов и пироксенитов протерозойско-палеозойского возраста (Геология СССР, 1960; Ранний докембрий, 2005).

Основная особенность рельефа этого участка — сочетание оглаженных округловершинных скальных массивов («бараньих лбов») с субгоризонтальными низкими (до 25 м) уровнями — как правило, морскими террасами. Террасы соединяют разрозненные скальные массивы в единое целое, образуя, собственно, острова. Таких скальных фрагментов на каждом острове насчитывается несколько, от двух-трех до девяти (о. Средний) и, в зависимости от их высоты, легко устанавливается последовательность их выхода из-под уровня воды. Лишь некоторые, преимущественно небольшие острова (Черемшиха, Кастьян) состоят из одного скального массива, также окруженного морскими террасами. Склоны и террасы осложнены лестницами береговых валов максимальной высотой до 90 м на п-ове Киндо в проливе Великая Салма (Романенко, Шилова, 2012) и 104 м в районе п. Лесозаводский (Колька и др., 2005). Валы сложены хорошо окатанным валунно-галечным материалом и хорошо выделяются в рельефе.

Это указывает на высокую скорость подъема побережья Кандалакшского залива, которая менялась от 9–11 мм/год в начале голоцена до 4–5 мм/год в настоящее время. Поэтому главная тенденция развития островов Карельского берега — непрерывное увеличение площади. Быстрее поднимались скальные массивы, к которым причленялись аккумулятивные террасы, постепенно их соединяя и увеличивая площадь островов за счет уменьшения их количества. Особенно заметно увеличилась площадь островов после трансгрессии Тапес (6,5–7,5 тыс. л. н.), сформировавшей широко распространенный уровень террас 18–25 м. Он сравнительно хорошо датирован по морским раковинам и сложен преимущественно песчано-галечными отложениями, а его береговые валы — хорошо окатанными валунами и галькой.

Причины такого подъема видятся в механизме унаследованного рифтинга, связанного с развитием Онежско-Кандалакшского (Балуев и др., 2009) или Кандалакшско-Двинского (Авенариус, 2004) рифта, зародившегося при горизонтальном растяжении края континентальной плиты в среднем-позднем

рифее. В развитии рифта были этапы активизации и затухания движений. В среднем палеозое активизация сопровождалась внедрением по разломам даек щелочных пород, обнаруженных, например, на о. Кастьян. Современная активность рифта подтверждается находками следов недавних землетрясений — сейсмогенных рвов и «каменных хаосов» на о. Кокоиха, п-ове Киндо, и положением эпицентров подземных толчков (Ассиновская, 2004).

Геологические признаки, в первую очередь — величина денудационного среза, которая никак не могла быть достигнута лишь за новейшее время, свидетельствуют о длительном поднятии Балтийского щита. На фоне унаследованного поднятия происходит активизация древней рифтовой системы, выражающаяся в дифференцированных блоковых движениях на побережье и дне Белого моря. Компенсационное поднятие региона после стаивания ледника, мощность которого на Карельском берегу Белого моря составляла 15 тыс. лет назад 2–2,5 км (Svendsen et al., 2004), привели к дестабилизации системы. В результате активизировались древние разломы и ослабленные зоны, закладывались новые, не всегда согласные с простиранием древних, возросли раздробленность территории, темпы и дифференцированность движений.

Морфоструктурное районирование выполнено на основе полевого и камерального анализа поля высот и линеamentной сети. В ходе полевых работ фиксировались основные системы трещиноватости, геологические неоднородности, разломы, обладающие четко выраженной поверхностью сместителя, измерялись элементы залегания пород для анализа их соотношения с трещиноватостью. В ГИС-проекте, включающем топографические, геологические карты и спутниковые снимки разных масштабов и разрешения, проводился камеральный анализ. В результате выявлена морфоструктурная неоднородность района, выделены блоки нескольких порядков, различные по своему строению, скорости поднятия, рельефу и истории развития; определены соотношения между разломами разных порядков, выявленными по геологическим данным, и линеamentами. Вслед за С.С. Шульцем (1970) и Н.И. Николаевым (1962), линеamentом мы называем прямолинейную или дугообразную линию на земной поверхности, которая соответствует разлому, тектонически ослабленной зоне или зоне

повышенной трещиноватости. В рельефе они выражены прямолинейными скальными уступами, цепочками «каменных хаосов», ущелий и рвов, мелких даек длиной до нескольких сотен метров. Система трещиноватости пород отражает изменения тектонических напряжений на разных этапах развития региона.

Наиболее выраженные в рельефе линеаменты, соответствующие активным в настоящее время разломам бортов Кандалакшского рифта, протягиваются вдоль побережья Кандалакшской губы с СЗ на ЮВ. Они имеют угол падения 80–90° и уклон на СВ. Разрывные нарушения данного направления прослеживаются вдоль всего побережья и секут или ограничивают все блоки.

По структуре линеаментной сети, особенностям трещиноватости и рельефу выделяется несколько крупных блоков (I порядка), различающихся как гипсометрически, так и по направлению преобладающих линеаментов.

Южный, Соностровский блок наиболее возвышен; разбит трещинами и разломами, выраженными в рельефе относительно узкими линейными депрессиями, не нарушающими своего рода «монолитность» блока. Густота разломов, подтвержденных геологическими данными, здесь максимальна, а их направления наиболее разнообразны при ведущей роли крупных СЗ, реже СВ разрывов. С востока блок отделен от дна Кандалакшского залива активным сбросом высокого ранга, выраженным в рельефе крутым уступом (на СВ берегу Сонострова — отвесной скальной стеной высотой 20–25 м над водой и 60–70 м ниже уреза, разбитой поперечными рвами). Однако направления линеаментов малых порядков, выявленных по геоморфологическим признакам, и трещиноватость пород имеют, в основном, ССВ и ЗСЗ направления, не согласные с простиранием крупных разломов. Это может служить признаком перестройки структурного плана в новейшее время.

Расположенные к северу Чкаловский и Хетолабинский блоки, несмотря на геологическую неоднородность, имеют сходный рисунок линеаментной сети. Главные направления нарушений — СЗ и ВСВ. Блоки разделены крупным СВ разломом, к которому приурочена губа Чула.

Блок островов Керетского архипелага образует клин, вторгающийся в «материковые» блоки. Он образован на пересечении крупных разломов — Чупинского и регионального северо-западного, и представляет собой «морфоструктурный узел» (в понимании Е.Я. Рандман, 2004). Средняя высота здесь ниже, а расчлененность и контрастность рельефа — выше, чем у предыдущих блоков. Разрывные нарушения разных порядков секут острова линейными депрессиями или рвами, продолжающимися на дне губ. К главным разломам приурочены «каменные хаосы» на границах блока. В ослабленных зонах расположены блоки, отстающие в поднятии и образующие глубокие и широкие губы. Направления малых линеаментов и систем трещиноватости практически совпадают с простиранием главных разломов. Однако хорошо выражены и трещины других направлений. Все это свидетельствует о большей, чем на «материковых» блоках, дифференцированности движений блоков низких порядков, и, в целом, более напряженной геодинамической обстановке.

Севернее, в блоках Ругозерско-Кузокоцком и острова Великого как крупные разрывные нарушения, так и малые линеаменты и направления трещиноватости пород, ориентированы на СЗ и ЗСЗ, а секущие их — на СВ и ВСВ. «Каменные хаосы» приурочены к пересечению разломов.

Таким образом, участок Карельского берега от Сонострова до о. Великого разделяется на несколько морфоструктурных блоков, имеющих различное строение, линеаментный каркас, дифференцированность и интенсивность новейших, преимущественно восходящих движений. С юга на север происходит поворот направления разломов, оперяющих главный сброс Кандалакшского грабена, и систем линеаментов. Это, возможно, связано с перераспределением напряжений от бортов Кандалакшского залива к его вершине. Различия в простирании разломов и более молодых, судя по их хорошей выраженности в рельефе и «свежести» облику, малых линеаментов в пределах одного блока, указывает на перестройку и усложнение структурного каркаса в новейшее время и неполную унаследованность новейшей блоковой делимости.

Работы поддержаны РФФИ (проекты №№ 11-05-01044 и 12-05-00998).

ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА РАННЕЕ РАЗВИТИЕ
ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ (MOLLUSCA, BIVALVIA)

Д.М. Саидов

Каф. зоологии беспозвоночных, Биологический ф-т МГУ
им. М.В. Ломоносова

В настоящее время все большее значение приобретает проблема антропогенного загрязнения водоемов веществами различной природы. Немаловажную роль играет загрязнение акваторий тяжелыми металлами, поскольку они могут вызывать патологии развития не только у обитателей водной среды, но и у человека. Следовательно, возрастает актуальность мониторинга акваторий на наличие опасного содержания в воде тяжелых металлов. В последнее время большое внимание уделяется биоиндикации и биотоксикологии, в частности, созданию автономной биологической системы индикации. Наименее устойчивы к разнообразным изменениям в среде обитания, как известно, ранние стадии развития организмов. Именно поэтому они часто используются для тестирования загрязнения внешней среды. В настоящее время в соответствии с Приказом Росрыболовства № 695 для целей биоиндикации морской среды используют биссусный тест и анализ метаболизма мидий. Однако биссусный тест имеет довольно низкую чувствительность и допускает неоднозначную трактовку полученных данных. Поэтому актуальна разработка иных систем биоиндикации.

Настоящая работа направлена на отработку новой системы биоиндикации загрязнения морской воды, основанной на оценке влияния загрязнения на раннее развитие двусторчатых моллюсков *Mytilus edulis* (L. 1758). Целью данной работы является определение степени влияния солей ряда тяжелых металлов различной концентрации на раннее развитие беломорской мидии. Для достижения данной цели был поставлен многофакторный эксперимент с учетом трех концентраций каждого действующего вещества при трех разных температурных режимах (8°, 12°, 16°C) и трех уровнях солености (60%, 80%, 100% солености беломорской воды).

Работа была выполнена в июне-июле 2012 г. на Беломорской биологической станции МГУ им. Н.А. Перцова. До постановки эксперимента мидий содержали в проточном аквари-

уме с морской водой. Для получения половых продуктов в мантийную полость мидий вводили раствор хлорида калия, полученные гаметы смешивали и после контрольного определения начала развития помещали в экспериментальные плашки объемом 4 мл, в количестве 500 эмбрионов на 1 мл. Эксперимент проводили в течение 72 час.

В наших экспериментах были испытаны соли следующих тяжелых металлов: Cu, Cd, Co. Влияние оценивали путем сравнения личинок, развивавшихся в экспериментальных условиях, с контрольными личинками, развивавшихся в фильтрованной морской воде при тех же, что и в эксперименте, комбинациях температуры (8°, 12°, 16°C) и солености (60%, 80%, 100%). Отбор проб для сравнения проводили каждые 24 часа. Всего было получено 972 пробы.

Наиболее характерной, в указанный срок развития, является стадия D-личинки, которая для *Mytilus trossulus* (Gould, 1850) наблюдается на вторые сутки (Nadella et al., 2009). Отклонение такой формы личинки на вторые сутки считается следствием влияния неблагоприятных условий развития.

На данный момент происходит обработка данных. Предварительные данные свидетельствуют о том, что наиболее явный эффект проявляется на вторые сутки при температурах развития 12 и 16°C. Первоначальное сравнение показывает, что наибольшее токсическое влияние оказывают соли меди. Отрицательное воздействие наблюдается уже при концентрации ионов Cu^{2+} 3–10 мкг/л. При температуре 8°C не происходит рост раковины, и развитие останавливается на стадии трохофорной личинки. Для температур 12° и 16°C явных различий в интервале развития 24–48–72 часа не наблюдается.

Влияние понижения солености морской воды на развитие неоднозначно. При понижении солености до 80% от естественной беломорской появляются D-личинки с немного измененной морфологией раковины и вельюма, причем их количество превосходит количество нормальных D-личинок. При понижении солености до 60% количество D-личинок с измененной морфологией минимально, однако нормальные D-личинки не встречаются вовсе. Предположительно понижение солености не влияет на действие тяжелых металлов на личинок мидий. Можно интерпретировать изменение морфологии

D-личинок как эффект приспособления к понижению солёности, но данный вопрос требует тщательного рассмотрения.

ПРОКЛАДЫВАЯ ПУТЬ ПОТОМСТВУ: ПОПУЛЯЦИОННАЯ
ДИНАМИКА ПОСЕЛЕНИЯ *ASTARTE BOREALIS* В ИЛИСТОЙ ГУБЕ
КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОЯ

М.А. Сказина, В.М. Хайтов

СПб ГУ, Кандалакшский государственный заповедник

В Белом море широко распространены три близких вида двустворчатых моллюсков рода *Astarte* — *A. borealis*, *A. montagui* и *A. elliptica*, встречающихся на глубине от 2 до 220 метров. Они формируют поселения на илистых грунтах, где могут свободно лежать на поверхности, либо зарываться передним концом в толщу осадка. Астартиды являются важными членами донных сообществ морей Европы и Дальнего Востока, однако многие аспекты их жизненного цикла и популяционной динамики остаются неизученными.

Мы представляем результаты анализа данных, полученных в ходе многолетнего мониторинга (с 1987 по 2013 гг.) популяции двустворчатого моллюска *Astarte borealis* в Илестой губе Кандалакшского залива Белого моря (о. Горелый, Лувенгский архипелаг).

С начала мониторинга в 1987 г. в поселении преобладали исключительно взрослые особи размером от 21 мм. Однако в середине 1990-х в акватории губы было отмечено массовое появление молоди астартид. Видовая идентификация обнаруженных мелких моллюсков была затруднена, так как указанные в определителях специфические морфологические признаки являются количественными (число и форма ребер на поверхности раковины, форма отпечатков мускулов-аддукторов) и недоступными для анализа у мелких астартид. Одним из кандидатов на роль качественного определительного признака для представителей рода *Astarte* является микроскульптура периостракума. Нами было проведено исследование поверхности раковин всех трех видов беломорских астартид разного размера, в результате которого подтвердился видоспецифичный статус характера микроскульптуры периостракума.

Молодь, появившаяся в популяции астартид, была идентифицирована по новому признаку как *A. borealis*. Следовательно, мы можем заключить, что в популяции *A. borealis* начало происходить пополнение молодью, которого не наблюдалось в течение нескольких десятилетий. Данные сборов последних нескольких лет свидетельствуют о том, что популяция *A. borealis* в Илестой губе продолжает существовать, и в ней присутствуют молодые моллюски. В то же время, взрослые особи, многочисленные ранее, практически полностью вымерли: в 2013 г. было отмечено лишь 5 живых особей (в предыдущие годы, на 1/10 м² отмечалось до 30 живых моллюсков). При этом на большинстве станций, где ранее отмечались массовые скопления крупных моллюсков, в последние годы отмечаются лишь многочисленные мертвые створки.

Длительное отсутствие пополнения нельзя объяснить сокращением репродуктивной активности моллюсков, так как в течение всего времени мониторинга в гонадах вскрытых астартид обнаруживались половые продукты. Подобное явление ни разу не отмечалось в других исследованиях популяций этого вида. Так, например, известно, что популяции *A. borealis* в Балтийском море пополняются молодью ежегодно (Trutschler, Samtleben, 1988). Необычная ситуация может быть связана с особенностями развития астартид — их оплодотворенные яйца несут липкую оболочку, которой они должны закрепиться на твердом субстрате для дальнейшего роста (Матвеева, 1977). Мы предполагаем, что субстрат для оседания яиц присутствовал в дефиците в Илестой губе вплоть до 1994 г., когда на поверхности дна накопилось достаточное количество створок умерших астартид. Именно тогда значительная доля выметываемых и оплодотворенных яиц *A. borealis* стала прикрепляться к поверхности раковин мертвых моллюсков и успешно переходить на следующие стадии развития. Таким образом, взрослые особи беломорских астартид в условиях сильно заиленных сублитеральных биотопов, видимо, прокладывают путь для молоди своего вида, посмертно предоставляя необходимый для развития яиц субстрат.

КИНЕТИКА КОНЦЕНТРАЦИИ МОРСКИХ ГЕТЕРОТРОФНЫХ
БАКТЕРИЙ В УЗКОЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ КАРАДАГСКОГО
ЗАПОВЕДНИКА

Ю.Д. Смирнова

Карадагский природный заповедник НАН Украины

Одним из значимых признаков эвтрофикации Черного моря за последние 10–15 лет является значительно возросшее количество бактерий в морской воде, особенно в прибрежных зонах, являющихся местами отдыха и оздоровления.

Акватория Карадагского природного заповедника до начала 80-х годов прошлого века сохраняла характеристики наиболее чистых районов моря. Однако, постепенно общее ухудшение качества воды Черного моря, начало усугубляться возросшим стоком недоочищенных бытовых вод региона. Очистные сооружения поселков Коктебель, Курортное, г. Феодосии перестали справляться с увеличивающейся нагрузкой активно развивающегося курортного бизнеса, тем более что новые комплексы очистных сооружений, строительство которых было начато в конце 80-х годов, так и не были введены в строй.

Уже в начале 90-х годов прошлого века концентрация бактерий в прибрежных районах в летнее время достигала миллионов клеток в миллилитре воды. Так Шумакова Г.В. в 1987 г. и 1989 г. для нашей акватории получила изменения ОЧБ (общее число бактерий) от 0,5 до 1,9 млн./мл. Гетеротрофы (микроорганизмы, растущие в широком диапазоне условий среды) составляют лишь часть от общего количества морских бактерий. Научные работы, посвященные морской микробиологии, рассматривают обычно вопросы общего количества бактерий или доли в них нитрофицирующих, нефтеокисляющих, термофильных микроорганизмов, коли-индекса.

Практически не изученным оставался вопрос о сезонных изменениях в прибрежной зоне моря количества гетеротрофных бактерий, способных развиваться при 37°C. Эта составляющая морской микробиоты, не являясь патогенной, при определенных условиях может проявить себя как условно патогенная, способная вызвать неспецифические воспаления, инфекционные осложнения.

В данной работе представлены результаты определения концентрации гетеротрофных бактерий, растущих при 37°C, в узкой прибрежной зоне акватории Карадага в течение 2007–2011 гг.

Пробы воды регулярно отбирались с лодки специальным черпаком на глубине 0,5–0,7 м от поверхности в стерильную посуду на 8 постоянных станциях в акватории заповедника. В морской воде определяли ОМЧ (общее микробное число) колониеобразующих форм гетеротрофных микроорганизмов, растущих при 37°C (КГМ 37). ОМЧ определяли по общепринятой методике в нашей модификации культивированием 1 мл воды с 10 мл 4% агаровой среды КМАФАнМ (среда для определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов) при 37°C в течение 48 часов, используя при необходимости метод последовательных разведений. Среда для культивирования клеток готовили на кипяченой морской воде, разведенной в соотношении 1 : 1 дистиллированной водой.

Подсчет колоний (колонии образующих единиц) проводили общепринятыми методами и выражали КОЕ/мл. Для определения чувствительности бактерий к антибиотикам использовали агаровую среду Мюллера-Хинтона (Mueller Hinton Agar), специально предназначенную для этих целей. Диаметры зон лизиса бактерий вокруг дисков с антибиотиками измеряли специальной линейкой (Himedia Antibiotic Zonescale.).

К границам заповедника примыкают территории и акватории п. Коктебель на востоке и п. Курортное на западе. Уже в 2007 г. особенно высокие значения ОМЧ, превышающие ПДК (100 кл./мл) в 1,5–2 раза, мы отмечали в летнее время на границах заповедника и в акваториях поселков Курортное и Коктебель, т.е. в пляжных зонах. Причем, за сезон 2007 г. именно в акваториях поселков обнаружены летом новые, ранее не фиксируемые в этом районе, гетеротрофные бактерии, образующие цветные колонии и многочисленные микроколони. В теплый период появляются цветные (оранжевые, красные) колонии, вероятно термофильных бактерий, а микроколони сохраняются и в холодное время года. Всего мы выделили 6 основных разновидностей колоний, вырастающих на среде КМАФАнМ при 37°C: белые выпуклые, морщинистые, красные и оранжевые на поверхности агара и в толще агара, про-

зрачные и микроколонии. Исследования устойчивости этих бактерий к антибиотикам показали, что только три препарата из 12 испытанных вызывают гибель всех типов колоний: амикацин, гентамицин, ципрофлоксацин.

В 2008 г. среднегодовые значения ОМЧ по всей акватории превышали ПДК, а у границ заповедника в 2–3 раза. Увеличение концентрации бактерий в 2008 г. произошло в значительной мере за счет роста числа микроколоний, которые составляли 30–50% от общего количества. В 2009 г. мы зафиксировали еще более интенсивный рост концентрации микроорганизмов (КГМ 37) в сравнение с 2008 г. Среднегодовые значения составили 2–3 ПДК в центре заповедника и 5–6 ПДК в приграничных акваториях, причем число микроколоний зачастую в 2–3 раза превосходило число колоний других типов. При этом следует заметить, что в мае 2008 г. и в начале июля 2009 г. отмечался период резкого снижения количества КГМ 37 по всей акватории заповедника до величин меньших или сравнимых с предельно допустимыми значениями. В этот период микроколонии почти отсутствовали. Наблюдаемые явления могут быть связаны с перемешиванием воды штормами или апвеллингом, или сезонным появлением иных причин, способных снизить концентрацию микроорганизмов.

2010 г. был отмечен аномально высокими температурами воздуха и морской воды в летний период. Температура моря в узкой прибрежной зоне Карадага была выше 20° с начала июня и до конца сентября, и выше 25° в июле-августе. В начале июня 2010 г. мы вновь получили очень низкие концентрации КГМ 37, а в июле-сентябре эти значения были очень велики. Так в конце августа ОМЧ КГМ 37 составляло 6–12 ПДК в центре заповедника и 16–30 ПДК в приграничных акваториях. В сентябре разброс значений ОМЧ составляет от 670 до 2100 КОЕ/мл. Интересно, что в октябре – декабре 2010 г. были отмечены очень низкие концентрации бактерий, в основном десятки и даже единицы КОЕ/мл. При этом нами зафиксирована необычайно высокая прозрачность воды.

Можно предположить, что прогрев морской воды в августе до 26–28°C, вызвал массовую гибель некоторых видов бактерий или появились иные факторы, способные резко снизить их количество. Следует отметить, что за названный период происходило интенсивное снижение количества наскальных митилид, особен-

но мидий. Мидия — основной биофильтр Черного моря, способна отфильтровывать из воды более 90% бактерий. В 2006 г. плотные поселения половозрелых мидий отмечались нами на скалах до 6 м глубины от поверхности, а в 2007 г. — на 4–5 м. В 2008 г. мидии остались лишь до 2 м от поверхности. К весне 2010 г. на скалах заповедника наблюдались лишь редкие друзы мидий у поверхности воды. Во многих местах, например на скале Золотые ворота в центре заповедной акватории, отсутствовали и мидии, и митилиастры даже на урзе воды. Основной причиной исчезновения митилид мы считаем хищного моллюска-вселенца *Rapana venosa*. В 2004–2008 гг. отмечалось прогрессирующее увеличение количества рапан на скалах Карадага. Плотность их на поселениях мидий достигала 10–12 экз./м². При этом мы сосчитали, что при минимальной плотности рапан 0,1 экз./м² за летний сезон на 1 км² акватории заповедника им для питания необходимо не менее 20 тонн биомассы гидробионтов. В 2008–2009 гг. мы фиксировали все больший процент тощих рапан и снижение их размерно-массовых характеристик. В 2010 г. рапаны почти не наблюдались, и к осени на прибрежных скалах на урзе воды появилась молодь митилид. В 2011 г. молодь двустворчатых моллюсков заселили метровый приповерхностный слой. И в 2011 г. мы получали низкие концентрации бактерий в воде прибрежной зоны заповедника и более высокие цифры прозрачности воды.

В течение последних лет мы фиксировали прогрессирующее нарастание количества органического вещества в узкой прибрежной зоне заповедника, определяемое по величине перманганатной окисляемости морской воды в щелочной среде. Как известно, увеличение концентрации органического вещества в воде стимулирует развитие микропланктона, что как источник питания вызывает интенсивный рост желетелых. Последующее отмирание этих организмов создает в толще воды органическую взвесь — «биологический снег», что при отсутствии биофильтров вызывает снижение прозрачности, оседание токсической органической пленки на дно и поверхности скал. Описываемые нами процессы наблюдались одновременно в прибрежных акваториях всего Крымского взморья.

Таким образом, можно сделать вывод, что недостаточное количество мидии и других биофильтров в акваториях с повышенной антропогенной нагрузкой приводит к увеличению в воде

концентрации гетеротрофных бактерий, в том числе и потенциально опасных для здоровья людей.

Часть работы выполнена по договору № 13 от 15.04.2008 за счет финансирования научно-исследовательских работ Министерством образования и науки Автономной Республики Крым МО Украины.

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ МОРСКИХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ПРИМОРСКИХ ОСОБО
ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ (ООПТ)

В.А. Спиридонов

Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Заповедники и национальные парки с морскими участками и морскими побережьями составляют около 20% федеральных ООПТ РФ, что потенциально делает российскую сеть морских охраняемых участков одной из наиболее развитых в мире. Однако для большинства заповедников, имеющих морские участки, не существует даже описаний ландшафтного и биологического разнообразия литорали и маршевой зоны. Важнейшей (хотя и не единственной) задачей заповедников и национальных парков является изучение ландшафтного и биологического разнообразия максимально незатронутых человеческой деятельностью участков и мониторинг происходящих в охраняемых экосистемах процессов. Государственная концепция развития федеральных особо охраняемых природных территорий РФ на период до 2020 г., ставит задачу обеспечения востребованности научной продукции заповедников и национальных парков и результатов проводимого ими экологического мониторинга. Однако, исследования экосистем прибрежных морских вод и зоны контакта море/суша в большинстве российских заповедников и национальных парков развиты слабо (за исключением работ, проводимых в ряде ООПТ по морским млекопитающим и морским и околоводным птицам, однако и эти работы далеко не всегда вписаны в контекст изучения и мониторинга прибрежных экосистем). Лишь в тех немногих ООПТ, где существует многолетняя традиция гидробиологических исследований в сотрудничестве с научными учреждениями и университетами (Дальневосточный морской биосферный государственный заповедник, Кандалакшский

государственный заповедник) уровень изученности морской прибрежной биоты выше, чем для многих давно изучаемых морских участков за рубежом. Общая сложившаяся ситуация объясняется хроническим недофинансированием научных исследований в заповедниках, недостатком или просто отсутствием квалифицированных кадров, способных использовать современные методы экологических исследований и мониторинга, в частности дистанционные, отсутствием методической поддержки морских исследований и мониторинга в ООПТ, малой реализованностью потенциала сотрудничества ООПТ с внешними научными организациями (РАН, университеты, отраслевая наука, зарубежные научные организации и др.). В настоящее время наметился интерес ряда заповедников и национальных парков, в т.ч. таких, где раньше никаких морских исследований не было, или вновь созданных, к развитию морской тематики научно-исследовательских работ. Поэтому вопрос о том, как организовать морские исследования на базе ООПТ, что, как и какими силами исследовать, в высокой степени актуален.

Прежде всего необходимо организовать сотрудничество с заинтересованным внешним научным учреждением или приглашение на контрактной основе специалиста, которое может помочь заповеднику или национальному парку собрать имеющуюся информацию (в т.ч. и в первую очередь, полученную до создания ООПТ) об условиях среды и биологическом разнообразии береговой зоны и открытой части морской акватории, сформировать первоначальный каталог встречающихся в пределах ООПТ морских видов растений и животных на основе литературных и фондовых материалов. Затем следует подготовить долгосрочный план дальнейшей инвентаризации таксономического разнообразия с учетом необходимости и возможности привлечения специалистов по тем или иным группам растений и животных. Если территория находится в зоне риска вероятного появления чужеродных видов в береговых морских и островных местообитаниях, в плане должны быть предусмотрены специальные шаги, направленные на раннее обнаружение таких видов, в т.ч. и на сопредельных участках.

Параллельно определяются те показатели состояния среды береговой зоны, по которым уже имеются многолетние ряды наблюдений (например, данные расположенной на территории

ООПТ или по соседству гидрометеостанции) и те показатели, которые не оцениваются, но требуют измерения и ведения многолетних рядов. Окончательный выбор их будет определяться компромиссом между строгими методическими требованиями и имеющимися ресурсами, однако необходимо отметить, что в будущем все большее значение для мониторинга среды будут иметь внешние источники дистанционной информации, которыми ООПТ должны научиться пользоваться. Однако ничто не заменит непосредственных наблюдений на берегу, поэтому заповедники и национальные парки совместно с научными партнерами должны разработать набор стандартизованных для данной территории показателей состояния береговых экосистем, которые могут надежно оцениваться минимально подготовленными сотрудниками (в т.ч. инспекторами) на постоянной основе с берега. Это могут быть как показательные характеристики фенологии и межгодовых изменений среды, так и биоты, например сроки образования и взлома припая в тех или иных заливах, регистрация штормовых приливов и сильных штормов с массовыми выбросами донной фауны, сроки массового подхода к берегам на нерест таких рыб как мойва, сроки массового хода в реки лососевых и других анадромных рыб, появление у берегов в массовом количестве медуз и других желелетельных организмов и т.д.

Описание и картографирование морских ландшафтов и сообществ проще начинать с литорали (или псевдолиторали в бесприливных морях). Литоральные работы требуют относительно меньших вложений финансовых и человеческих ресурсов и могут быть основательно расширены путем привлечения спутниковой информации для картографирования тех или иных сообществ и мониторинга их динамики. После предварительного обследования определяются параметры мониторинга экосистем литорали, который может осуществляться с помощью дистанционных методов, и стандартные ландшафтно-экологические разрезы для мониторинга многолетних изменений ландшафтов и сообществ. Желательно, чтобы эти разрезы были продолжением ландшафтно-экологических разрезов на суше, а далее от них были продолжены сублиторальные разрезы.

По мере наработки опыта, развития сотрудничества с партнерскими организациями и привлечения средств (обычно из

разных источников) нужно переходить к организации изучения ландшафтов и сообществ сублиторали и прибрежных пелагических сообществ. Первая задача сложнее технически, поскольку требует для корректного решения организации водозахватных съемок. Это практически невозможно без привлечения партнеров, обладающих необходимым опытом и материальной базой. Но, будучи выполнена, сублиторальная съемка не требует ежегодного повторения для изучения многолетней изменчивости донных сообществ: корректный период повторения составляет 4–5 лет, но даже если не получается выполнять работы с такой периодичностью, полученный единожды материал не теряет своей ценности для изучения долговременной динамики. Планктонные работы технически не столь сложны и требуют меньшего количества участников, но для того, чтобы получить содержательную информацию об изменчивости прибрежной пелагической экосистемы, пробы нужно ежегодно собирать по сетке станций, повторяемой для каждого сезона. Пропуск сезонов и лет наблюдений приведет к необратимой потере информации. Исследования прибрежных пелагических экосистем в заповедниках и национальных парках приобретают особую ценность, если они ведутся в сочетании с регулярным мониторингом популяций позвоночных, замыкающих пищевые цепи: рыб, морских птиц и млекопитающих, но методические вопросы сопряжения пространственно-временных масштабов таких работ практически не проработаны, и эта проблема нуждается в скорейшем разрешении.

Исследования ихтиоценов и популяций массовых видов рыб (особенно молоди, часто нагуливающейся в прибрежной зоне) целесообразно проводить в сотрудничестве с рыбохозяйственными институтами нередко заинтересованными в таких работах.

Определенный ресурс для развития исследований береговой зоны представляют и региональные ООПТ, которые обычно не имеют специального штата. Тем не менее опыт памятника природы «Остров Старичков» в Авачинском заливе на Восточной Камчатке и заказника «Восточный» на восточном побережье Сахалина показывает, что если эти территории курирует научная или природоохранная организация, то регулярные наблюдения и мониторинг морских или береговых экосистем становятся возможными и там.

Для того, чтобы на российских побережьях постепенно увеличивать число ООПТ, в которых проводятся исследования морских прибрежных экосистем и их мониторинг, Беломорская биологическая станция Московского университета и проект Глобального экологического фонда «Программы развития ООН “Укрепление морских и приморских ООПТ России”» выступили с инициативой создания ассоциации морских центров, заповедников и институтов, целью которой будет создание информационной базы, в которую будут включены сведения о тех организациях, морских станциях, институтах, заповедниках и т.п., с которыми можно сотрудничать в проведении тех или иных исследований. Такая база данных и создание площадки для обсуждения позволит соединить научные группы и отдельных исследователей, планирующих те или иные исследования на побережьях, и организации, которые смогут предоставить этим группам необходимые возможности для работы, с одной стороны, и методическую помощь, с другой. Шаг за шагом мы сможем создать сеть пунктов мониторинга биологического разнообразия прибрежных экосистем России.

СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ САЖЕВОГО
УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРЕ В ОКРЕСТНОСТЯХ ББС МГУ

Д.П. Стародымова¹, В.П. Шевченко¹, С.А. Попова²,
В.И. Макаров²

1 — Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2 — Ин-т химической кинетики и горения СО РАН

Атмосферный перенос взвешенных частиц является быстрым путем поступления многих веществ (включая сажевый углерод) в удаленные районы. Этот механизм переноса вещества имеет особенно большое значение для окружающей среды Арктики. Сажевый углерод (СУ) является продуктом неполного сгорания различных видов топлива (в особенности угля и дизельного топлива), биомассы (леса, травы, сельскохозяйственных отходов) или биотоплива. Аэрозольный СУ является компонентом атмосферы, вносящим значительный вклад в климатические изменения Арктического региона (Eleftheriadis et al., 2009; Hegg et al., 2010). Было показано, что аэрозоль СУ снижает альбедо снега и льда и способствует разогрева-

нию атмосферы (Hansen et al., 2004; Vignati et al., 2010), поскольку из всех взвешенных частиц СУ наиболее эффективно поглощает видимый свет.

С 2010 г. в окрестностях ББС МГУ работает аэрозольная станция, производящая отбор проб атмосферных аэрозолей с помощью универсального пробоотборника воздуха UAS-310, который с помощью насоса пропускает атмосферный воздух через стекловолоконные фильтры А/Е (Pall Corporation). Скорость прокачки воздуха составляет 270 л/мин. Размер фильтра составляет 225 мм × 172 мм. Длительность отбора одной пробы составляет порядка недели. На зиму работа насоса приостанавливается. На настоящий момент отобрано около 100 аэрозольных проб. После отбора аэрозольные фильтры хранятся в стерильных пакетах в холодильнике.

Концентрации СУ в фильтрах определялись термическим методом. Анализ проводился в Институте химической кинетики и горения СО РАН. Метод основан на последовательном окислении в углекислый газ сначала углерода органических соединений при температуре 450°C, а затем элементарного углерода при температуре 900°C с измерением количества углекислого газа, выделившегося на каждом этапе (Самсонов и др., 2008). Затем, исходя из количества выделившегося углекислого газа, рассчитывается содержание органического и элементарного (сажевого) углерода в фильтре.

На данный момент содержание СУ определено в 46 пробах, которые были отобраны в периоды с 27.05.2010 по 27.11.2010, с 18.03.2011 по 09.06.2011 и с 10.08.2012 по 21.09.2012. Максимальная концентрация сажевого углерода в атмосфере в окрестностях ББС МГУ составила 356 нг/куб.м (в пробе, отобранной 10.07 – 17.07.2010). Среднее содержание СУ равно 110 нг/куб.м при стандартном отклонении 81 нг/куб.м. Средняя концентрация в три раза ниже концентраций, измеренных в Тикси (Макаров, Охта, 2004) (табл. 1) и находится на фоновом для Белого моря уровне (Полькин и др., 2008).

Для определения возможных источников поступления СУ в окрестности ББС МГУ были вычислены обратные траектории воздушных масс с помощью NOAA HYSPLIT модели (Draxler and Rolf, 2003).

Таблица 1. Концентрации сажевого углерода (СУ) в атмосфере в районе ББС МГУ и в других районах Арктики.

Регион	Концентрация СУ (нг/куб.м)
Центральная Арктика (зима) (Sharma et al., 2004)	96
Центральная Арктика (лето) (Sharma et al., 2004)	8
Тикси (Макаров, Охта, 2004)	340
ББС МГУ (среднее содержание; наши данные)	107
ББС МГУ (июль 2010 г., (наши данные)	220
ББС МГУ (максимальное содержание; наши данные)	356

Наивысшие концентрации СУ были измерены в период с июля по начало августа 2010 г., когда на Европейской части России действовали многочисленные лесные пожары. Средняя концентрация СУ в воздухе в этот период составила 220 нг/куб.м, что в два раза ниже средней концентрации по выборке. Наивысшие концентрации СУ наблюдаются в пробах, отобранных в те дни, когда воздушные массы приходили со стороны Европейской части России, более низкие концентрации СУ в июле 2010 г. отмечены в пробах, отобранных в те дни, когда воздушные массы приходили со стороны Европы.

У нас была возможность сравнить концентрации СУ, измеренные в одни и те же месяцы разных лет. Так, средние концентрации СУ в августе и сентябре 2010 г. составляют 172 и 190 нг/куб.м соответственно. А концентрация СУ в те же месяцы 2012 г. составляют 61 и 132 нг/куб. м. Таким образом, концентрация сажевого углерода в воздухе такого фоновых района как ББС МГУ существенно зависит от распространения лесных пожаров.

Авторы признательны академику А.П. Лисицыну за ценные советы, директору ББС МГУ А.Б. Цетлину и ее сотрудникам В.П. Сивонен, В.В. Сивонену, Н.А. Вершинину, Л.Д. Папунашвили, А.В. Савченко, а также А.С. Филиппову и многим другим за помощь. Работы проводились при финансовой поддержке Программы № 23 фундаментальных исследований Президиума РАН (проект «Трансевропейский меридиональный геолого-геохимический

морской разрез»), РФФИ (грант 11-05-00300_а), гранта поддержки ведущих научных школ НШ-618.2012.5, Отделения наук о Земле РАН (проект «Наночастицы ...»).

ЗАТЕРЯННЫЕ МИРЫ МОРСКИХ ОЗЕР: МОГИЛЬНОЕ И ДРУГИЕ

П.П. Стрелков

Каф. ихтиологии и гидробиологии СПб ГУ

Могильное — маленькое пресноводно-морское озеро (площадь 0,1 км²) на острове Кильдин в Баренцевом море. Связь озера с морем осуществляется под землей путем просачивания воды через рыхлые породы. Поверхностный слой воды в озере пресный, придонный — соленый и отравленный сероводородом, промежуточный слой соленый и богатый кислородом. В озере обитает своеобразное сообщество морских животных и растений, а также некоторые пресноводные виды. В своем нынешнем виде озеро существует многие тысячелетия. Некоторые его обитатели имеют внешний вид, отличный от морских сородичей. Это связано с тем, что озерные популяции являются новыми видами *in statu nascendi*, вследствие специфических условий обитания и длительной биологической изоляции. Монографическому описанию озера Могильного и яркой гипотезе о морском озере как о биологически изолированной, стабильной морской экосистеме, «горячей точке» эволюции, мы обязаны К.М. Дерюгину (Реликтовое озеро Могильное, 1925). Результаты экспедиций СПб ГУ на озеро Могильное 2003–2007 гг., а также литературные данные по Могильному и другим морским «реликтовым» озерам позволяют прокомментировать эту гипотезу.

В докладе будут затронуты следующие вопросы. Есть ли подобные Могильному водоемы, если да, что известно о времени их существования, степени стабильности, изолированности, эндемизма биоты? Каково, по современным данным, время существования озера Могильного, уровень долговременной стабильности его биологических и физико-химических характеристик? Есть ли молекулярно-генетические доказательства того, что в Могильном и в других морских озерах происходит адаптивная эволюция, процесс видообразования?

Морские озера можно определить как прибрежные соленые или солоноватоводные замкнутые водоемы соответствующего размера и глубины (то есть озера), населенные морскими организмами. Некоторые, но не все морские озера могут быть формально отнесены к таким категориям морских систем как реликтовые озера, анхалиновые озера и морские изоляты (land-locked waters). Наиболее подробно изучены морские озера Россфиорд (Норвегия), Огак (Земля Баффина, Канада), Бартон (Земля принцессы Елизаветы, Антарктида), Велико Йезеро и Змаево Око (Хорватия), Вулиагмени (Греция), Ханг Ду И (Вьетнам), Какабан и Сатонда (Индонезия), Озеро медуз (Палау), некоторые из которых являются элементами целых географических кластеров сходных озер. Общими физико-химическими и биологическими особенностями морских озер являются вертикальная стратификация вод по солености и содержанию кислорода (часто — меромиксис), низкое видовое разнообразие, количественно обильный зоопланктон, наличие видов эндемиков или реликтов. Интересным и, пока, необъяснимым фактом является процветание в морских озерах определенных групп животных: суберитидных губок, сцифоидных медуз, морских анемонов, в арктических озерах также рыбы трески. Наличие трески (*Gadus morhua*) делает Могильное похоже на другие арктические озера, а многочисленных губок (*Protosuberites epiphytum*), актиний (*Metridium senile*) и сцифоидных медуз (*Cyanea arctica*) — удивительно похожим на тропические озера. Разные ученые, изучавшие морские озера в разных частях света, независимо приходили к умозаключениям, аналогичным выводам Дерюгина: морские озера — биологически изолированные, стабильные во времени экосистемы, «горячие точки» эволюции. Однако данных для проверки этих гипотез в отношении заморских озер пока накоплено недостаточно.

Озеро Могильное гораздо моложе, чем считал Дерюгин, его возраст 1–1,5 тысяч лет. За время наблюдений (с 1894 г.) в озере произошли существенные изменения, о причинах которых можно только догадываться. Сероводородный слой расширился, а поверхностный пресноводный слой сократился. Видовое разнообразие зоопланктона и зообентоса уменьшилось, примерно вдвое. Исчезло большинство пресноводных форм. Последнее не позволяет больше рассматривать озеро,

как пресноводно-морское. Оно, скорее, «солоноватоводно-морское». Биологическая изоляция озера, скорее всего, не является абсолютной. Сличение видовых списков за разные годы позволяет предполагать недавние инвазии (или интродукции) некоторых видов из моря. Таким образом, постулированные стабильность и биологическая изоляция озера Могильного являются относительными.

Молекулярно-генетические исследования обитателей морских озер выявили пониженную изменчивость в озерных популяциях, в сравнении с «родительскими» морскими популяциями (это справедливо и для изученных обитателей Могильного). Такой результат отражает сущность озерных популяций как изолированных и малочисленных, подверженных действию генетического дрейфа. Далее, в нескольких случаях в озерных популяциях были выявлены уникальные аллели (нуклеотидные последовательности) изученных локусов. Эти аллели были интерпретированы как «древние», то есть, с большой долей вероятности, они не появились в озерах, а сохранились там с давних времен. Ни в одном из исследований, за одним исключением, не удалось найти фактов в пользу дивергенции озерных популяций под действием естественного отбора. Соответственно, не было получено генетических данных в пользу гипотезы адаптивной эволюции озерных организмов, что, конечно, не отрицает возможности такой эволюции.

Особняком стоят результаты исследований трески из озера Могильного, которую Дерюгин описал как эндемичный подвид кильдинской трески *G. morhua kildinensis*. При сравнении кильдинской трески с треской Баренцева моря, по большинству признаков (аллозимы, микросателлиты) наблюдается сходный уровень потери изменчивости в озере (в среднем, около 50%) и сходный уровень межпопуляционных различий (в среднем, около 25% относительно общей изменчивости). Это хорошо согласуется с гипотезой о динамике генофонда популяции под действием генетического дрейфа, поскольку дрейф приводит к снижению изменчивости и действует сходным образом на все признаки. Однако, уровень различий по аллозимному локусу глюкозофосфатизомеразы-2 (Gpi-2) вдвое выше, чем по остальным признакам; 75% рыб в озере несут, в гомо- или гетерозиготном состоянии аллель Gpi-2, который либо отсутствует,

либо крайне редок в популяциях Баренцева моря. С другой стороны, в озере не найден доминирующий «морской» аллель.

За такими различиями, с высокой долей вероятности, стоит естественный отбор. Мы не знаем, в чем состоят селективные различия между генотипами трески, маркированными разными аллелями Gri-2, однако мы предполагаем наличие таких различий. Результаты, полученные для кильдинской трески, заставляют вспомнить о заслуженных, но подзабытых сегодня сценариях видообразования, постулирующих возможность быстрой эволюционной пертурбации генофондов «островных» популяций под действием сильного дрейфа и сильного естественного отбора (модели Х. Карсона, А. Тэмплтона, Э. Майра). Представляются, что эти модели могут быть использованы как рабочие гипотезы в дальнейших исследованиях. В контексте юбилейной конференции особенно приятно подчеркнуть вклад ученых МГУ (Г.Г. Новикова и других коллег) в дело изучения кильдинской трески.

В заключение, должен перечислить коллег, совместные данные с которыми позволяют проиллюстрировать вышеизложенные тезисы: Н.Н. Шунатову, В.М. Андрееву, А.В. Полоскину, Е.А. Мовчан, С.А. Корсуна, М.Л. Федюка (СПб ГУ), М.В. Фокина, Н.В. Усова (ЗИН РАН), Н.С. Мюге (ИБР РАН), М.М. Ганцевича, Д.М. Щепетова (МГУ), О.С. Любину (ММБИ РАН), М. Давсона (ун-т Калифорнии в Мерсед), С.С. Малавенду (МГТУ, Мурманск).

ПИЩЕВОЕ ПОВЕДЕНИЕ И АДАПТАЦИИ К ОТСУТСТВИЮ ТЕЧЕНИЯ У ПРЭСНОВОДНЫХ МШАНОК *CRISTATELLA MUCEDO*

Ю.Ю. Тамберг, Н.Н. Шунатова
СПб ГУ

Для эффективного питания животных-фильтраторов очень важна благоприятная гидродинамическая обстановка, а именно наличие внешнего течения оптимальной скорости. Как правило, отсутствие такого течения создает для животных стрессовые условия: в неподвижной воде фильтраторы быстро обдуваются окружающий их тело объем воды, которая затем снова и снова попадает в их пищедобывающий аппарат. Животные могут отчасти компенсировать негативное влияние субоптимальных гидродинамических условий, изменяя свое

пищевое поведение, однако длительное пребывание в таких условиях грозит фильтраторам голодом. Несмотря на это, большинство исследований, посвященных питанию таких организмов, проведены именно в стоячей воде, поскольку такие условия наиболее удобны для работы в лаборатории.

Целью настоящей работы было изучение пищевого поведения пресноводных мшанок *Cristatella mucedo* в проточной и неподвижной воде, и выявление у представителей данного вида поведенческих адаптаций к отсутствию течения.

Зооиды *C. mucedo* обладают крупным подковообразным лофофором с хорошо развитыми руками. Щупальца S-образно изогнуты, их количество составляет от 40 до 80. Зооиды в колонии плотно упакованы. Кончики щупалец одного полипида всегда касаются лофофоров двух-трех соседних полипидов. Представители данного вида обитают преимущественно в неглубоких и быстрых водотоках.

Мы собирали колонии в июле-августе 2012 г. в ручьях системы Летних озер губы Чупа Белого моря, в окрестностях МБС СПб ГУ (о. Средний), и на территории биостанции ЗИН РАН (мыс Картеш). Животных содержали в термостатированной комнате при температуре +8°C в отдельных контейнерах, сменяя воду один раз в сутки. Там же проводили наблюдения и видеозаписи. Для изучения пищевого поведения мшанок мы сконструировали стационарную проточную систему с регулировкой скорости движения воды. Мы использовали триокуляр и видеообъективы на увеличениях 10–30, и проводили видеозаписи в неподвижной и в проточной воде. В обоих случаях в воде присутствовали естественные частицы, кроме того мы добавляли взвесь мелкодисперсного активированного угля. Скорость течения поддерживали на уровне 0,2 м/сек.

Отправной точкой для описания поведенческой активности нам служило «основное состояние» питающегося полипида. В таком состоянии полипид выдвинут, его щупальца расправлены и неподвижны. Рабочий взмах ресничек фронтальной ленты направлен вниз к основанию щупальца. Латеро-фронтальные реснички неподвижны. Реснички латеральных лент совершают взмах от фронтальной к абфронтальной стороне щупальца. Реснички на внутренней стороне междущупальцевой мембраны совершают взмахи вниз. Рабочий взмах ресничек,

выстилающих внутреннюю поверхность руки, направлен к ротовому отверстию.

Работа латеральных ресничных лент щупалец обеспечивает поступление воды из пространства над колонией в лофофор, где происходит извлечение пищевых частиц. Последние попадают к ротовому отверстию либо с основным потоком воды в центре лофофора, либо по фронтальной поверхности щупальца. Профильтрованная вода покидает лофофор, проходя между щупальцами. Все описанные нами реакции представляют собой временные отклонения от «основного состояния».

Существуют два основных подхода к классификации поведенческих реакций животных: морфологический и функциональный. В настоящей работе мы использовали первый подход, поскольку он представляется более подходящим для описания поведенческих реакций слабоизученных организмов. Нам не всегда удавалось определить назначение той или иной реакции, однако мы приводим функции отдельных реакций там, где это возможно.

В пищевом поведении мшанок выделяют два блока реакций — индивидуальные и групповые. К первому относятся: (1) изменения в режиме работы ресничек, (2) наклоны отдельных щупалец, (3) согласованные движения нескольких щупалец, (4) движения рук лофофора с участием или без участия щупалец, и (5) движения всего полипида, включая интроверт ко второму — согласованные действия группы полипидов. Мы не рассматривали только один аспект поведенческой активности — изменения в режиме работы ресничек, так как разрезающей способности использованного нами оборудования и методов недостаточно для его изучения.

Пищевое поведение *C. mucedo* в проточной воде. Среди индивидуальных поведенческих реакций полипидов 89% составляли наклоны одиночных щупалец. Как правило, полипиды совершали такие наклоны в ответ на прикосновение или приближение частицы к щупальцу. Наклоны щупалец внутрь лофофора приводили к перемещению частицы ко рту, либо в центральную часть приносящего пищу потока воды. Напротив, наклоны щупалец наружу приводили к удалению нежелательных частиц из лофофора. Среди всех учтенных движений

отдельных щупалец преобладали наклоны щупалец внутрь (94%).

Вторыми, по частоте встречаемости среди поведенческих реакций, были «взмахи руками» — комплексные реакции с участием рук лофофора и терминальных щупалец. Доля их составила 6%. Выполняя данную реакцию, полипид закручивал руку лофофора наружу, так что ее кончик был направлен к анальному отверстию, и одновременно разводил в стороны и наклонял наружу выпрямленные терминальные щупальца. Полипиды совершали данную реакцию для очистки лофофора в ответ на попадание в руку лофофора крупной нежелательной частицы или облака частиц.

Так же мы наблюдали достаточно редкие реакции с участием группы соседних щупалец на внутренней и/или внешней стороне одной или двух рук и «сведение-разведение» рук лофофора. Назначение этих реакций пока неясно. Движений с участием всего интроверта и групповых реакций нескольких полипидов в проточной воде мы не наблюдали.

В стоячей воде мы обнаружили ряд изменений в поведении колоний *C. mucedo*. Так, в их поведенческом репертуаре появилось несколько новых реакций, которые можно оценивать как нарушения в нормальном поведении в результате стресса, либо рассматривать как адаптации к отсутствию внешних течений.

Мы полагаем, что к нарушениям относятся «зацепление» интроверта одного полипида за другой при выдвижении и, как следствие, формирование двух «ярусов» из полностью и частично выпрямленных полипидов. В обоих случаях равномерное и упорядоченное расположение расправленных лофофоров нарушалось. Возможно, данные реакции не несут функциональной нагрузки, однако нельзя полностью исключить и вероятность того, что выполнение этих реакций улучшает условия питания для части полипидов.

Нами были отмечены следующие поведенческие реакции, которые мы рассматриваем как адаптации к пребыванию в стоячей воде.

1. Перекрещивание дистальных частей рук: полипид сдвигает руки навстречу друг другу и опускает одну из них вниз, так что вода поочередно проходит между щупальцами оказавшей-

ся сверху а затем снизу руки. Щупальца на обеих руках остаются расправленными, а ресничные ленты продолжают работать. В результате площадь лофофора уменьшается, хотя число элементов, генерирующих токи воды, остается неизменным. Мы предполагаем что реакция может служить для сужения облавливаемого пространства и увеличения скорости пищевых токов, и/или для увеличения эффективности извлечения пищевых частиц.

2. Повороты лофофора вправо-влево одновременно с наклоном интроверта. В результате соседние лофофоры располагаются не в одной плоскости (180°), а под углом около 110° . Мы предполагаем, что в паре неподвижный полипид — наклоненный полипид фильтруют токи, создаваемые участками, суммируются. Хотя облавливаемый двумя лофофорами объем пространства уменьшается, скорость приносящих пищу токов растет.

3. Изменение площади дымохода. Дымоход — это особый участок поверхности колонии, где происходит отведение профильтрованной воды. Дымоходы играют ключевую роль в поддержании гидродинамического баланса крупных колоний. У *C. mucedo* имеется один постоянный дымоход в центре колонии, по краям которого расположены питающиеся зоониды.

Дымоходы функционируют во всех случаях, когда полипиды расправлены и питаются, как в стоячей, так и в проточной воде. Однако мы обнаружили, что в стоячей воде лофофоры, ограничивающие дымоход по краям, наклоняются к центру колонии, навстречу друг другу. Один общий дымоход оказывается разделенным на 2–3 части, а его площадь уменьшается. Такая поведенческая реакция служит, вероятно, для увеличения скорости отведения профильтрованной воды от колонии.

Кроме того, в стоячей воде в 2,5 раза возросла частота взмахов руками. Наиболее вероятной причиной такого увеличения являлась необходимость очищать лофофоры и пространство над колонией от фекальных пеллет, которые формируются раз в 60–90 минут. В проточной воде их подхватывает и уносит течение, а в стоячей воде они могут оставаться вблизи колонии от нескольких минут до нескольких часов, снова и снова попадать в лофофоры и многократно запускать реакции очистки.

Набор и частота прочих реакций в стоячей воде не изменилась.

Мы полагаем, что поведенческий репертуар *C. mucedo* содержит как зависимые, так и не зависимые от наличия течения элементы. Наклоны отдельных щупалец и взмахи руками зависят главным образом от концентрации частиц. Детальное изучение этих реакций возможно и в неподвижной воде. Напротив, перекрещивание рук и наклоны лофофоров, а так же групповые реакции нескольких полипидов, по-видимому, осуществляются именно в отсутствие внешних течений и представляют собой поведенческие адаптации, позволяющих животным отчасти компенсировать неблагоприятные условия.

Настоящая работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 12-04-01614-а и 12-04-10162-к.

КАРЛИКОВАЯ ФОРОНИДА — *PHORONIS OVALIS* И ПРОБЛЕМА ТАКСОНОМИИ ФОРОНИД (LORNOTROCHOZOA: PHORONIDA)

Е.Н. Темерева

Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

Форониды — это небольшая группа морских червеобразных беспозвоночных. Взрослые форониды ведут сидячий образ жизни и поселяются в толще твердого субстрата или на мягком грунте. Виды, обитающие на мягких субстратах, чрезвычайно многочисленны: плотность их поселений может достигать 100 тыс. экз./кв.м. Такая большая численность делает форонид очень важной группой, которая в некоторых акваториях определяет состав бентосных сообществ. Большинство видов форонид чрезвычайно широко распространено по всему Мировому океану, за исключением Арктики и Антарктики. Наиболее широкий географический ареал имеет самая маленькая форонидка — *Phoronis ovalis* Wright 1856, которая недавно была описана из Белого моря (Темерева и др., 2002) и обнаружена в Баренцевом море. Эти находки позволили продвинуть ареал распространения форонид за Северный полярный круг. Большая численность и всеветное распространение форонид делает их группой, важной при проведении различного рода гидробиологических работ. В современной фауне насчитыва-

ется всего 10 видов форонид, хотя в разное время было описано 27 видов, которые затем были сведены в синонимы (Emig, 2013). Видовая идентификация форонид довольно сложна, потому как требует обязательного изготовления серий гистологических срезов через разные участки тела. Определение форонид осложняется тем, что используемые в таксономии определительные признаки чрезвычайно переменны. Строение органов, которые являются важными для идентификации, меняется в зависимости от сезона, от места обитания, а иногда — от пола (Темерева, Малахов, 2004). Зачастую особи, обитающие в разных акваториях, имеют настолько разное состояние определительных признаков, что их можно принять за разные виды. Можно предположить, что эта переменность отражает не просто популяционные, а видовые различия. Это предположение подтверждается тем фактом, что к настоящему времени в литературе описано порядка 40 видов форонид по их личинкам. Несомненно, применение методов молекулярной биологии существенно упростило бы задачу таксономии форонид, но, к сожалению, взрослые форониды обычно попадают в руки исследователей случайно и, как правило, обнаруживаются в пробах, фиксированных формалином. Невозможность использования молекулярных методов исследований делает чрезвычайно важной задачу детального морфологического анализа форонид из разных акваторий.

В настоящей работе представлен анализ литературных данных, а так же наших собственных результатов, полученных при изучении представителей *Phoronis ovalis* собранных в Белом и Охотском морях.

Phoronis ovalis Wright 1856

Wright, 1856: 165–166; Harmer, 1917: 118–142; Meek, 1917: 34–37; Emig, 1979: 28–31; Silen, 1952: 97–99; Темерева и др., 2000: 523–525; Bailey-Brock, Emig, 2000: 120–122; 2004.

Описание

Длина тела 3–90 мм, обычно не более 3–5 мм. Диаметр тела — 0,1–0,3 мм. Живые животные имеют прозрачные покровы, слегка беловатого или желтоватого цвета. Лофофор, как правило, овальный, реже встречается более сложно устроенный тип — переходный между овальным и подковообразным. В большинстве случаев число щупалец составляет 15–30, ре-

же — 40–50. Длина щупалец 0,3–1,2 мм, обычно — 0,4–0,5 мм. Метасома подразделена на два участка: мускульный передний и тонкостенный задний. Встречаются представители, у которых под щупальцами метасома образует небольшой расширенный тонкостенный участок. Латеральные мезентерии всегда отсутствуют. Продольная мускулатура кустистого типа, мышечная формула имеет следующий вид: 13–24 | 8–36.

Каждый нефридий открывается в полость тела единственной воронкой. Выделительный канал образован только восходящей ветвью, которая открывается нефридиопором на анальной папилле рядом с анусом. Гигантские нервные волокна на гистологических срезах не обнаруживаются. Особи либо раздельнополые, либо гермафродиты с ярко выраженной периодичностью созревания гонад. Лофофоральные органы и неидоментальные железы отсутствуют. Личинка лецитотрофная, ползающая.

Диагноз

Наиболее достоверными определительными признаками вида, следует считать отсутствие латеральных мезентериев и наличие правого латерального кровеносного сосуда на большом протяжении тела.

Распространение

Бореальный вид. В Тихом океане обнаружен у берегов Новой Зеландии, Канады (о. Ванкувер), Курильских островов (44°00' с. ш., 146°25' в. д.), в Охотском море (зал. Анива). В Атлантическом океане отмечен у побережья США (п-ов Флорида, в Ирландском и Северном морях (побережье Англии, Норвегии, Германии), в Средиземном море (Лионский залив). Обнаружен в Северном Ледовитом океане (Белое море: Кандакшский и Онежский заливы).

Сведения о биологии

Сверлящий вид, поселяется в толще раковин различных моллюсков (*Pododesmus*, *Hinnites*, *Modiolus modiolus*, *Chlamys islandicus*, *Crassostrea gigas*, *Fusitriton*), в толще домика бальнуса (*Balanus nubilis*), в толще камней, известковых водорослей *Littotamnion*. Обитает на глубинах от 0 до 50 м, предпочитая горизонт 20–50 м (Emig, 1977с, 1982). Среди сверлящих видов форонид достигает наибольшей плотности поселений — до 150 экз./м² (Emig, 1982).

Для *P. ovalis* известно бесполое размножение. Согласно литературным данным, оно может происходить как путем поперечного деления (Hagmet, 1917), так и путем почкования (Marcus, 1949; Marsden, 1959).

Для представителей вида характерны самые крупные среди всех форонид яйца: их диаметр достигает 125 мкм. Число яиц не превосходит 20. У *Ph. ovalis* нерест происходит одновременно. Оплодотворенные яйцеклетки попадают в трубку взрослого животного, откуда спустя 4–5 дней на стадии гастролы попадают в воду и затем на субстрат (обычно, это та же раковина, где живет взрослая особь). Затем, в течение последующих 7 дней формируется ползающая личинка (Silen, 1954b; Grobe, Bartolomaeus, 2007). Метаморфоз и формирование взрослой особи происходит через 12–13 дней после нереста.

Морфологический анализ

Представители вида, описанные из разных акваторий Мирового океана, имеют некоторые различия морфологических признаков. Как видно из приведенной ниже табл. 1, для этого вида характерны значительные вариации размеров тела, формы лофофора, числа щупалец и лент продольной мускулатуры.

Подобная вариабельность признаков характерна и для всех других видов форонид. По внешней морфологии можно достоверно определить родовую принадлежность и безошибочно идентифицировать лишь два из 10 видов форонид. Наиболее существенными для определения и одновременно наиболее вариабельными признаками являются строение лофофора и число лент продольной мускулатуры.

Считается, что у форонид строение лофофора напрямую зависит от размеров тела: чем крупнее животное, тем более сложно устроен лофофор, несущий большее число щупалец. Однако, как оказалось, это не совсем так, и небольшая по размерам форонидка из зал. Анива имеет более сложно устроенный лофофор, чем более крупный представитель вида с побережья Норвегии. Число лент продольной мускулатуры, по-видимому, действительно коррелирует с размерами тела: чем больше длина тела и его диаметр, тем больше складок продольных мышц. Для идентификации форонид необходимо использовать совокупность морфологических признаков. При этом следует рассматривать повышение уровня сложно-

сти организации лофофора и значительное увеличение числа мышечных лент у одного представителя «вида» по сравнению с другим представителем того же «вида», как основание для выделения новой морфы, а возможно, и нового вида. В случае с *P. ovalis* морфологический анализ оказывается достаточным для видовой идентификации, поскольку для этого вида характерно наличие некоторых специфических черт. Однако, такой важный определительный признак, как строение лофофора, оказался ненадежным: ранее считалось, что овальный лофофор — характерная черта *P. ovalis*, не встречающаяся у других форонид. Наши данные показывают, что у представителей *P. ovalis* может быть обнаружен более сложный тип лофофора, который, в свою очередь, был обнаружен нами у некоторых представителей другого вида — *Phoronis ijimai* Oka, 1897. Эти данные ставят под вопрос правомочность использования признака организации лофофора в качестве основного для видовой идентификации форонид.

Несомненно, фауна форонид гораздо более разнообразна, чем это принято считать сейчас. Доказательствами существования более чем 10 видов форонид, служат находки форонид с уникальными морфологическими признаками (Темерева, Малахов, 1999; Темерева, 2000).

Кроме того, важным доводом в пользу увеличения видового разнообразия форонид служит тот факт, что к настоящему времени в литературе описано порядка 40 «личиночных видов» форонид. Личинки большинства форонид — актинотрохи — обычные представители планктона умеренных, субтропических и тропических широт. Личинки чаще, чем взрослые животные, попадают в руки исследователям, и отчасти именно с этим связано такое большое разнообразие описанных личинок. Готовые к метаморфозу личинки форонид характеризуются набором морфологических черт, уникальных для каждого «личиночного вида».

Анализ литературных данных показал, что видовая принадлежность, как минимум, трех компетентных актинотрох до сих пор не установлена. Эти результаты были подтверждены и данными молекулярного анализа, благодаря которым было показано, что личинки форонид, многочисленные в зал. Восток Японского моря и имеющие уникальный набор морфологических признаков, принадлежат неизвестному виду форонид (Темерева, Neretina, 2012).

Таблица 1. Некоторые морфологические признаки *P. ovalis* из разных акваторий.

Признак Место находки, автор и год публикации	Длина тела (мм)	Диаметр тела (мм)	Число щупалец	Тип лофофора*	Мышечная формула	Min/max число лент продоль- ной муску-
Побережье Брази- лии вблизи Рио-де- Жанейро (Marcus, 1949)			22	О		
Побережье Норве- гии (Lönnö, 1953)	25– 90	—	15–27	О	14 13 20 17 21 18	27/39
Тихоокеанское по- бережье Северное Америки, зал. Пью- джет Саунд (Marsden, 1959)	4–10	—	18–22	О	24 36	70/72
Побережье Гавай- ских островов (Bai- ley-Brock, Emig, 2000)	—	—	—	О	8 8	14/16
Белое море (Теме- рева и др., 2000)	4	0,2	21–23	О	14 15	29/32
Охотское море, зал. Анива (собствен- ные данные)	10– 12	0,1	40–50	П	14 19	33
Охотское море, Южно-Курильский пролив (собствен- ные данные)	3–4	0,3	30	О	13 17	27/34

*Тип лофофора: О — овальный, П — переходный между оваль-
ным и подковообразным.
Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 11-04-00690, 12-04-
33045).

КОНТИНУУМ ЭПИФИТНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ И
МАКРОВОДОРОСЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ЭКОСИСТЕМЫ БЕЛОГО МОРЯ

В.Н. Федоренко, А.М. Семенов, Е.В. Семенова
Каф. микробиологии, Биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова

Исследование вопросов микробно-растительных взаимодей-
ствий, механизмов коммуникации партнеров в возможных
симбиозах и ассоциациях, их метаболической интеграции,
разнообразия микробных метаболитов и их влияния на расте-
ния является одним из развивающихся направлений современ-
ной биологии. Подавляющее большинство работ сосредото-
чено на выявлении особенностей взаимодействия микробных
сообществ (МС) с высшими растениями, наземными и гораздо
реже с водными. В то же время представления об эпифитных
МС на поверхности морских макроводорослей, в частности,
бурых водорослей, их структуре, численности, способе и фор-
мах функционирования, роли во взаимодействии с макрофи-
тами при всем теоретическом интересе и практической значи-
мости далеко не полно охвачены.

Предполагается, что между макрофитами и микробами
сложилось устойчивое равновесие с активным сосуществова-
нием, т.е. в соответствии с законом, что «все сосуществует со
всеми». Микроорганизмы распространены повсеместно. По-
этому можно допустить, что постоянный контакт с водорос-
лями в процессе эволюции мог привести к появлению взаимо-
выгодных отношений между растениями и микроорганизмами.

Поверхность макрофитов представляет собой важную нишу
для микробных клеток в морских экосистемах, выступая в ка-
честве пристани, убежища, а также субстрата для поселения и
развития эпифитных микроорганизмов. Макроводоросли яв-
ляются аттрактантами для эпифитов, играют роль источников
углерода, кислорода, витаминов, органических кислот, фукои-
данов, а также других биогенных элементов. Некоторые выде-
ляемые макрофитами соединения могут оказывать антимик-
робный эффект, таким образом, защищая их от колонизации
патогенными видами микроорганизмов, а также препятствуют
заселению беспозвоночными и травоядными животными. Хи-
мическая природа экссудатов играет важную роль в альго-
бактериальных взаимодействиях, регулируя состав МС, но, в
то же время, их природа почти неизвестна.

Бактерии необходимы для завершения различных этапов развития водорослей, содействуя прорастанию спор и правильному морфогенезу у взрослых растений. Микробное население макрофитов, потребляя метаболиты водорослей, способствует освобождению поверхностных тканей макрофитов от продуктов их собственного обмена (Liittge, 1985). Микроорганизмы, минерализуя растворенное органическое вещество, тоже снабжают растения элементами минерального питания и факторами роста (Croft et al., 2006). Эпифиты способны защищать макрофиты от УФ-излучения и высыхания (Koch, Brandt, 2003). Однако эпифитные микроорганизмы могут вызывать и заболевания, некроз тканей, снижение роста и фотосинтеза водорослей (Armstrong et al., 2000).

Различные виды морских водорослей, растущие в одних и тех же условиях окружающей среды, несут разные бактериальные сообщества, отличающиеся по численности и составу. Это предположение было исследовано с помощью молекулярных подходов в отношении бактериальных популяций, обитающих на поверхности *Delesseria sanguinea*, *Fucus vesiculosus*, *Saccharina latissima* (ранее *Laminaria saccharina*), и *Ulva compressa*. Показано, что МС водорослей, принадлежащих к одному виду, но произрастающих в различных средах обитания, более похожи, чем сообщества микроорганизмов с различных видов водорослей, обитающих в одной и той же экологической нише (Lachnit et al., 2009). Обнаружено, что видовой состав МС ризоидов, меристем, каулоида и филоида макрофитов различен (Staufenberger et al., 2008; Trias et al., 2012). Это можно объяснить отсутствием сосудистых связей в тканях слоевищ водорослей и, как следствие, недостатком питательных веществ в некоторых частях таллома (Honkanen, Jorgma-lainen, 2005).

Изменение экологической обстановки может приводить к трансформации количества и разнообразия микроорганизмов. Например, загрязнение морской среды различными поллютантами индуцирует изменения в структуре МС. Нефть и нефтепродукты признаны основными загрязнителями морских экосистем. Было показано участие эпифитных МС в процессах естественного очищения водной среды от нефти. Замечено, что в местах произрастания водорослей, особенно бурых и красных, окисление нефти идет быстрее, однако, ее утилиза-

ция осуществляется за счет микроорганизмов, населяющих поверхность макрофитов. Установлено, что в зарослях водорослей-макрофитов Баренцева моря углеводородокисляющая активность (УВО) морских бактерий на 20% выше, чем на свободной от макрофитов акватории (Перетрухина, 2006). Нами были проведены исследования по выявлению численности эпифитных УВО микроорганизмов, обитающих на макрофитах Белого моря. Было установлено, что изолированные эпифитные бактерии являются активными окислителями нефти (Семенов и др., 2009; Семенова и др., 2009а; Семенова и др., 2009б). Численность эпифитных УВО микроорганизмов в жидкой минеральной среде с 1% нефти при 15 и 28 °С достигала 10^4 – 10^5 кл./мл. В другом эксперименте использовали фильтры с нефтью от 100% до 1% и с иммобилизованными на них микроорганизмами. Уже через 4 сут. фильтры с клетками, пропитанные нефтью в концентрациях 1 и 10%, были практически свободны от нефти, а фильтр с 100% нефтью посветлел по краям только через 6 суток (Семенова и др., 2009а). Т.е. эпифитные УВО микроорганизмы с макрофитов утилизируют нефть с поверхности водных сред за счет разрушения УВ.

Количественный и качественный состав эпифитных бактерий зависит как от абиотических факторов, так и от сезона. Максимальная численность наблюдается в конце лета, с ее снижением осенью и тем более зимой, когда количество клеток и разнообразие минимальны.

Летом численность микробных клеток на макрофитах Баренцева моря может достигать до $1,48 \times 10^7$ кл./см² (Ильинский и др., 2010). На бурых водорослях из литорали Канда拉克ского залива Белого моря, нами получено в конце летнего периода до $4,98 \times 10^6$ кл./см².

На численность и состав МС влияют действие течений, приливно-отливных явления и т.д. Сукцессионные изменения при внешних воздействиях на МС позволяет отразить динамический подход. Мы предположили, что численность микроорганизмов на поверхности макрофитов будет иметь колебательный характер, как в других экотопях, что уже было показано для эпифитных микроорганизмов на листьях наземных растений (Brandl, Lindow, 1998). В этой связи мы провели определение ежедневной динамики численности микроорганизмов на поверхности морских макрофитов. Для этого в те-

чение 13 суток с поверхности фукуса *Fucus vesiculosus* были сделаны препараты-отпечатки во время отлива. Учет численности клеток проводили люминесцентным методом. После учета клеток, действительно, была выявлена колебательная, волнообразная динамика, подтвержденная гармоническим анализом. Пики численности наблюдались на 4, 7 и 11-й дни. Таким образом, и для эпифитов морских макрофитов подтверждено волнообразное развитие МС.

Нами было показано, что морфологически бактериальное разнообразие представлено кокками, многочисленными палочками, короткими, длинными и в цепочках, палочками с интрацеллюлярными включениями. Обнаруживаются как грамположительные, так и грамотрицательные формы. Эпифитам свойственны такие ферменты, как супероксиддисмутаза, глутаредоксины, редуктазы алкильных гидроперекисей и различные шапероны, связанные с защитой от реактивных форм кислорода, образующихся в процессе аэробного метаболизма (Oliveira et al., 2012).

Таксономически бактерии на морских макрофитах представлены группами *Bacteroidetes* (*Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides*), *α-Proteobacteria*, *γ-Proteobacteria*, *Verrucomicrobiae*, *Planctomycetes* и *Cyanobacteria* (Hengst et al., 2010). На поверхности бурой водоросли *Fucus vesiculosus* и красной водоросли *Delesseria sanguinea* обнаружены группы *Actinobacteria*, *α-Proteobacteria*, *β-Proteobacteria*, *Flavobacteria*, *γ-Proteobacteria* и *Sphingobacteria* (Ronald et al., 2012). Микробный состав поверхности зеленой водоросли *Ulva australis* представлен семействами *Rhodobacteraceae* и *Sphingomonadaceae* (оба принадлежат группе *α-Proteobacteria*), *Flavobacteriaceae* и *Saprospiraceae* (оба принадлежат группе *Bacteroidetes*) и *Planctomycetaceae*. На уровне родов были выявлены представители р. *Sphingopyxis*, *Erythrobacter*, *Hyphomonas*, *Loktanella*, *Sulfitobacter* (Burke et al., 2010). Среди эпифитов макрофитов встречаются и грибы. Бурая водоросль *Ascophyllum nodosum* образует ассоциации с облигатным эндосимбиотическим грибом *Mycophycias ascophylli*. Грибковые гифы присутствуют во всех частях слоевища *A. nodosum* и во всех тканях, в том числе апикальной меристеме. Заражение *M. ascophylli* вызывает изменение морфологии развивающейся зиготы *A. nodosum* и увеличение ее защиты от высыхания (Garbary, MacDonald, 1995). На поверхности морских макрофи-

тов выявляются и бактерии-патогены, вызывающие инфекционные заболевания таллома или подавляющие его развитие. К ним относятся представители родов *Staphylococcus*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Streptococcus*, *Escherichia*, *Planococcus*, *Bacillus*, *Cytophaga*, *Flavobacterium* (Hanan, 2010; Fernandes, 2011), *Alteromonas*-подобные протеобактерии вида *Pseudoalteromonas issachenkonii* sp. nov., выделенные с поверхности бурой водоросли *Fucus evanescens* (Ivanova et al., 1998; Ivanova et al., 2002a).

Сосуществование водорослей и микроорганизмов могло сохраниться на протяжении длительного времени только благодаря наличию их взаимного влияния друг на друга. Очевидно, поверхность макроводорослей не является случайным скоплением микробов, а образует континуум микробно-растительных ассоциаций, часто в виде биопленок. Внутри них существует строгая видовая специфичность микроорганизмов для отдельных видов и участков таллома водорослей, а также зависимость от условий произрастания растений и от ряда абиотических и биотических факторов.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ СОВМЕСТНОГО ПОСЕЛЕНИЯ *MYTILUS EDULIS* И *MYTILUS TROSSULUS* В ВЕРШИНЕ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

В.М. Хайтов, А.В. Мухортова, А.В. Полоскин, П.Ю. Сафонов

СПб ГУ; Кандалакшский гос. заповедник; Лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии) Санкт-Петербургского городского Дворца творчества юных

Согласно взглядам, устоявшимся в научной литературе, посвященной малакофауне Белого моря (Наумов, 2006), на его акватории род *Mytilus* представлен единственным видом — *M. edulis* (атлантическая мидия, *Me*). Однако молекулярно-генетические исследования (Beaumont et al., 2008; Dias et al., 2011; Kijewski et al., 2011; Vainola, Strelkov, 2011) показали, что по всему северо-атлантическому побережью Европы, помимо *Me*, отмечаются локальные поселения мидии тихоокеанской (*M. trossulus*, *Mt*). В большинстве случаев, в совместных поселениях *Mt* и *Me* наблюдается высокая генетическая обособленность этих двух форм, частота межвидовых гибри-

дов оказывается существенно ниже, чем ожидается при условии свободного скрещивания (Vainola, Strelkov, 2011).

На основе анализа аллозимов мидий, собранных в Белом море, были выявлены две зоны совместного поселения *Me* и *Mt* — в районе Умбы и Кандалакши (Католикова и др., 2010). При этом было показано, что две формы мидий, представленные в Белом море, различаются не только генетически, но и морфологически. Признак, основанный на степени развития перламутрового слоя в районе лигамента (Кепель, Озолиньш, 1992; Золотарев, Шурова, 1997; Золотарев, 2002), позволяет (по крайней мере, в этих двух районах) достаточно надежно идентифицировать *Me* и *Mt* (Стрелков и др., 2008; Khaitov et al., 2012). Возможность идентификации по морфологическим признакам позволила рассмотреть соотношение *Me* и *Mt* в старых коллекциях, накопленных в Кандалакшском заповеднике, непригодных для молекулярных анализов, но дающих возможность проследить многолетние изменения в структуре совместных поселений. Целью данной работы было описание многолетних изменений в соотношении *Me* и *Mt* на литорали островов, расположенных в вершине Кандалакшского залива.

Начиная с 2002 г., на четырех островах (Большой Лупчостров, Малый, Овечий и Рязков) в стандартных точках проводился сбор мидий, поселяющихся на фукоидах. Все мидии, попавшие в выборки, были измерены, и далее были отобраны моллюски с длиной раковины более 10 мм. У всех таких моллюсков был определен индекс $Z=a/l$; где a — расстояние от вершины раковины до точки выхода призматического слоя из под перламутрового слоя в районе лигамента, l — расстояние от вершины раковины до задней границы лигамента. Проведенное ранее исследование (Khaitov et al., 2012) показало, что среди особей имеющих индекс $Z=0$ (перламутровый слой в районе лигамента не развит, вдоль всей протяженности лигамента на внутренней поверхности раковины, идет узкая полоска призматического слоя) 67% особей идентифицируются молекулярными методами как *Mt* (11%, как *Me* и 23%, как межвидовые гибриды). Особи с индексом $Z>0$ (перламутровый слой развит в районе лигамента, хотя бы на протяжении некоторой части его длины) в 71% случаев идентифицируются как *Me* (8%, как *Mt*, и 21%, как гибриды). Исходя из этого, мы предположили, что доля особей со значением индекса $Z=0$ в

общем количестве мидий, формирующих поселение, может характеризовать соотношение численностей *Mt* и *Me*: чем больше доля особей, имеющих индекс $Z=0$, тем выше доля *Mt* в смешанном поселении.

Доля особей с $Z=0$ во всех точках демонстрировала межгодовые изменения (табл. 1). На литорали о. Б. Лупчострова летом 2002 г. не было найдено ни одной живой мидии. В 2003 г. около половины мидий, собранных в данной точке, имели индекс $Z=0$. В последующие годы доля таких мидий в данной точке изменялась незначительно и превышала 80%. В поселениях на островах Малый и Овечий доля особей, имеющих индекс $Z=0$, год от года возрастала. В 2011–2012 гг. такие мидии представляли подавляющее большинство моллюсков (83–95%), собранных на этих двух островах. Иная картина была отмечена на литорали о. Рязков (район губы Большая Песчаная). Здесь, в начале наблюдений, в 2002 г., доля мидий с индексом $Z=0$ была ничтожно мала (5%), однако к 2006 г. их доля возросла в десять раз. Далее, к 2012 г., относительное обилие таких мидий существенно сократилось.

Таблица 1. Доля особей, имеющих индекс $Z=0$, в общем количестве мидий, собранных в разные годы. N — объем выборки, na — нет сборов.

Годы	Лупчостров		Малый		Овечий		Рязков	
	%	N	%	N	%	N	%	N
2002	—	na	24±8,5	25	17±4,8	63	5±0,9	596
2003	57±4,7	110	44±2,6	353	—	na	—	na
2005	94±6,1	16	53±7,6	43	51±3,6	191	17±3,6	110
2006	83±8,8	18	88±2,8	134	—	na	55±1,8	741
2011	83±6,4	35	95±1,2	304	83±4,6	69	50±1,7	903
2012	81±1,2	1075	86±0,9	1561	90±0,8	1391	31±1,5	892

Полученные результаты говорят о том, что в первой половине 2000-х годов в вершине Кандалакшского залива произошло существенное изменение соотношения *Me* и *Mt*. В точках, расположенных ближе к куту залива, произошло практически полное исчезновение *Me* и замещение ее на *Mt*. На о. Рязков,

расположенном дальше от кутовой части залива, этот процесс не зашел столь далеко. По всей видимости, в последние годы происходит обратный процесс — сокращение относительного обилия *Mt* в поселениях на литорали этого острова.

Причины наблюдаемых изменений, вероятно, связаны с аварийным сбросом пресной воды из водохранилища Нивских ГЭС, произошедшем в 2000 г., когда практически все литоральное население островов, расположенных в кутовой части залива, погибло от катастрофического опреснения (Корякин, Шкляревич, 2001). В последующие годы, подобные сбросы, но меньшие по мощности, происходили неоднократно. Известно, что *Mt* более толерантны к пониженной солености, чем *Me* (Riginos, Cunningham, 2005). В связи с этим, можно предположить, что после катастрофического опреснения произошло существенное сокращение обилия *Me*, а *Mt*, имея в сложившихся условиях преимущество, начали занимать освободившиеся местообитания. Сформировавшиеся в кутовой части залива обильные поселения *Mt* далее, вероятно, начали производить большое количество личинок, которые за счет течений были разнесены в мористые части залива. Этот процесс, видимо, обусловил рост относительного обилия *Mt* на о. Ряжков. Далее, *Mt*, занесенные из поселений, сформировавшихся в куту залива, на побережье о. Ряжков в первой половине 2000-х, стали сокращаться в обилии, вследствие конкурентного вытеснения со стороны *Me*. Если этот сценарий справедлив, то в ближайшие годы следует ожидать дальнейшего сокращения доли *Mt* в участках вершины Кандалакшского залива, не подвергающихся опреснению.

Работа была поддержана грантом РФФИ 08-04-01315.

ПАМЯТНИК ПРИРОДЫ — ДОЛГАЯ ГУБА О. БОЛЬШОГО
СОЛОВЕЦКОГО: ОСОБЕННОСТИ БЕНТОСНОГО НАСЕЛЕНИЯ (ОБЗОР
РАБОТ Е.А. НИНБУРГА И ЕГО УЧЕНИКОВ)

В.М. Хайтов, А.А. Зайчикова, А.В. Полоскин, М.А. Сказина
СПб ГУ, Кандалакшский гос. заповедник, Лаборатория экологии
морского бентоса (гидробиологии) Санкт-Петербургского городского
Дворца творчества юных

Долгая (Глубокая) губа — частично изолированная акватория
ковшового типа, глубоко вдающаяся в о. Б. Соловецкий. Аква-

тория губы связана с открытой акваторией Онежского залива
двумя узкими проливами (Северные и Южные железные ворота).
Основная акватория Долгой губы (Ковш) соединяется с
участком, прилегающим к проливам (Воронкой), узким и мелководным проливом (Горлом).

Начиная с 1983 г. бентос Долгой губы изучался коллективом школьников, студентов и аспирантов под руководством Е.А. Нинбурга. В основе собранного материала лежит 45 дражных сборов, 103 количественных дночерпательных станций в сублиторали, 117 количественных проб на литорали и многочисленные количественные сборы, описывающие многолетние изменения в сообществах, связанных с естественными плотными поселениями мидий. Многие материалы, полученные в ходе исследований, были опубликованы ранее в работах Е. А. Нинбурга (Нинбург, 1990; Khaitov, Ninbourg, Poloskin, 1997) и его учеников (Артемьева, Хайтов, 1995; Хайтов, Артемьева, 2002; Хайтов и др., 2002; Хайтов, Артемьева, 2004; Artemieva et al., 1998). В данной работе дается краткий обзор результатов, полученных в ходе работ (мы приводим материалы публикаций, неопубликованных архивов и устных обсуждений рабочего коллектива).

Бентосные сообщества сублиторали Долгой губы резко отличаются от сообществ, представленных в окружающей акватории. Из 232 таксонов донных беспозвоночных, отмеченных в акватории губы, целый ряд видов, весьма многочисленных здесь, не был найден в открытых участках Онежского залива в окрестностях Соловецких островов (или такие формы были существенно менее обильны, нежели в акватории Долгой губы). К числу таких видов относятся двустворки *Portlandia arctica* и *Arctica islandica*, полихеты *Prionospio cirrifera* и морские звезды *Asterias rubens*.

Высказанная ранее гипотеза о Долгой губе, как об уникальном рефугиуме, в котором сохранилась реликтовая арктическая фауна, первично заселившая акваторию Белого моря (Книпович, 1893), не подтвердилась. Доля видов арктического происхождения в составе фауны Долгой губы не отличается от таковой в открытых участках Онежского залива и аналогичных губах ковшового типа. «Габитуально» население Долгой губы, скорее, напоминает сообщества вершины Кандалакшского залива Белого моря.

Сходство с Кандалакшским заливом проявляется и в характере распределения водных масс, которые демонстрируют четкую стратификацию. На поверхности (от 0 до 13 м) располагаются более опресненные воды (хотя сильного опреснения не обнаруживается), глубже них (на глубине от 7 до 18 м) залегают более соленые водные массы. Средняя соленость поверхностной воды составляет 26,6‰ (min 25,7‰; max 28,3‰), а глубинной — 27,8‰ (min 25,9‰; max 28,3‰). Глубинная водная масса характеризуется существенно более низкими (в том числе и отрицательными) летними температурами: в среднем у дна глубоководных участков отмечается +1,9° (min –0,4°C; max +7°C); участки дна, связанные с поверхностной водной массой, имеют среднюю летнюю температуру +12,6° (min +10,6°C; max +14,6°C).

Матрица, описывающая евклидовы расстояния между станциями, охарактеризованными по гидрологическим данным (соленость и температура), и матрица, содержащая коэффициенты Брея-Кетиса, вычисленные по плотности поселения видов, демонстрируют высокую мантеловскую корреляцию ($Rho=0,57$, $p<0,01$). Это говорит о том, что паттерн распределения бентосных сублиторальных сообществ, представленных в Долгой губе, в высокой степени определяется характером распределения водных масс. Показатели обилия наиболее многочисленных видов, отмеченных в сублиторали Долгой губы, приведены в табл. 1.

Бентосные сообщества литорали Долгой губы более или менее похожи на аналогичные сообщества открытого побережья Соловецких островов. Единственное существенное отличие — это присутствие на литорали Долгой губы многочисленных плотных поселений мидий. Подробное обследование побережья Соловецкого залива позволило выявить лишь единственную мидиевую банку в акватории Филипповских садков (к лету 2012 г. это поселение практически полностью исчезло) и редкие дружки мидий, в небольшом количестве представленные только в районе мыса Батарейный. В Долгой же губе были отмечены многочисленные плотные скопления мидиевых дружек и, помимо этого, было найдено несколько обширных мидиевых банок. Одно из поселений (мидиевая банка и расположенное поблизости скопление дружек) было отслежено в течение нескольких лет (с 1993 г. по 2002 г. и повторно описано в

2009 г.). В этом поселении были выявлены типичные для плотных поселений мидий циклические процессы многолетних изменений размерной структуры. Однако в 2012 г. было задокументировано полное вымирание изученных ранее поселений (на месте, где проводился многолетний мониторинг, были найдены лишь массовые скопления створок крупных мертвых мидий). Важно отметить, что в остальных участках Долгой губы, изученных летом 2012 г., были, по-прежнему, отмечены многочисленные дружки живых мидий, но, в подавляющем большинстве случаев, дружки были сформированы старыми крупными моллюсками.

Следует отметить, что видовой статус мидий из Долгой губы остается пока невыясненным. Молекулярные исследования двух ядерных ДНК-маркеров (ITS, Me 15/16) говорят о наличии в поселениях только генотипов, характерных для *Mytilus edulis*. Однако в этой акватории были найдены формы, имеющие морфологические черты, крайне характерные для другого вида мидий — *M. trossulus*. Такие мидии были в массе собраны в одной единственной точке, расположенной в непосредственной близости от вымершего поселения, упомянутого выше. У 49% (N=285) мидий, собранных в этой точке, отмечено отсутствие перламутрового слоя в районе лигамента (под лигаментом идет узкая полоска призматического слоя). Этот признак характерен для *M. trossulus*, обитающих в Кандалакшском заливе Белого моря (Стрелков и др., 2008; Khaitov et al., 2012) и в Тихом океане (Кепель, Озолиньш, 1992; Золотарев, Шурова, 1997). В остальных точках Долгой губы доля таких мидий составляла лишь 3% (N=781). На открытом побережье о. Б. Соловецкого была найдена только одна особь, соответствующая этому типу (0,2%, N=502), здесь были представлены только мидии морфологически соответствующие *M. edulis*.

Таблица 1. Средние плотности поселения (экз./м² ± стандартная ошибка) наиболее обильных видов в сообществах, приуроченных к глубинной и поверхностной водной массе в Долгой губе. По материалам бентосной съемки 1985 г. Глубоководные сообщества описаны по материалам 28 станций (дночерпатель Петерсена, две пробы на станцию), мелководные — 42 станций.

Таксоны	Глубоководные сообщества	Мелководные сообщества
<i>Portlandia arctica</i>	212,98±46,58	20,5±71,52
<i>Prionospio cirrifer</i>	160,7±56,4	1,4±8,3
<i>Amphitrite cirrata</i>	102,9±40,1	2,9±18,5
<i>Ostracoda</i> gen. sp.	82,9±27,5	3,3±10,7
<i>Thyasira gouldi</i>	47,9±13,1	10,0±17,8
<i>Aricidea nolani</i>	39,3±11,48	136,7±263,8
<i>Scalibregma inflatum</i>	37,1±27,3	9,0±14,8
<i>Nicania montagui</i>	35,7±12,4	104,3±194,2
<i>Micronephthys minuta</i>	32,1±9,6	282,4±261,6
<i>Chaetozone setosa</i>	27,1±11,0	61,0±98,1
<i>Terebellides stroemi</i>	23,6±12,5	141,4±247,3
<i>Crenella decussata</i>	14,3±6,2	159,0±248,7
<i>Scoloplos armiger</i>	10,0±4,7	266,2±289,5
<i>Capitella capitata</i>	8,6±4,8	403,8±744,0
<i>Saccoglossus mereschkowski</i>	2,1±1,6	67,6±113,1
<i>Corophium bonelli</i>	2,1±1,2	137,1±317,2
<i>Onoba aculeus</i>	—	92,9±311,4

Сообщества Долгой губы, вероятно, трансформировались (и, возможно, продолжают трансформироваться) в ходе сукцессии, вызванной изменением гидродинамического режима вследствие искусственной изоляции. В 1854 г. монахами Соловецкой обители была построена дамба, сложенная из крупных валунов, соединившая о. Б. Соловецкий и о. Б. Муксалма. Эта дамба уменьшила естественный водообмен через Южные железные ворота. Видимо, именно благодаря этому произошло

выпадение из состава сообществ ранее обильных в акватории морских ежей *Strongilocentrotus pallidus*, офиур *Ophiopholis aculeata* и плеченогих *Hemithyris psittacea*. Эти виды не были ни разу отмечены, ни в дночерпательных, ни в дражных сборах, ни в штормовых выбросах, хотя в работах конца XIX–начала XX вв. они отмечались, как обычные (Книпович, 1893; Ливанов, 1912). Нарушение водообмена, вероятно, привело к формированию аноксийных застойных зон, практически лишенных макробентоса. Так, например, на одной из станций, расположенной на глубине 16,1 м (соленость 28,6‰, температура –0,4°) не было отмечено ни одного животного, а грунт имел сильный запах сероводорода.

Интересной особенностью Долгой губы является постоянное отделение от основной акватории краевых губ за счет поднятия суши. В ходе работ было выявлено несколько акваторий, находящихся на разных стадиях такой изоляции. В одной из них (Мертвое озеро) была отмечена двуслойная гидрологическая система: на поверхности этого полностью отделившегося от морской акватории озера располагалась пресная вода (представленная на глубине до 3 м), а на глубине 4–7 метров отмечена соленая вода, содержащая большое количество сероводорода. В поверхностной водной массе озера встречены бокоплавы, личинки ручейников, хирономид и стрекоз. В глубинной же части озера отмечены только мертвые останки *Hydrobia ulvae* и осколки домиков *Pectinaria*. Вероятно, в будущем вся акватория Долгой губы отделится в районе Горла от акватории Онежского залива и превратится в озеро, напоминающее по своим особенностям оз. Могильное на острове Кильдин.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ *MYTILUS EDULIS* И *MYTILUS TROSSULUS* В ВЕРШИНЕ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

В.М. Хайтов, П.Ю. Сафонов, М.А. Сказина

СПб ГУ, Кандалакшский гос. заповедник, Лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии) Санкт-Петербургского городского Дворца творчества юных

В серии работ (Стрелков и др., 2008; Католикова и др. 2010; Vainola, Strelkov, 2011) было показано, что в Белом море, поми-

мо атлантической мидии (*Mytilus edulis*), поселения которой широко распространены по всему побережью Кандалакшского залива Белого моря, присутствуют локально распределенные поселения мидии тихоокеанской (*Mytilus trossulus*). Надежная идентификация этих видов возможна только по молекулярно-генетическим маркерам. Вместе с тем, было показано, что существуют и морфологические признаки, в высокой степени скоррелированные с генотипами, характерными для разных видов мидий (Стрелков и др., 2008; Khaitov et al., 2012). Наиболее надежным (по крайней мере, в условиях Кандалакшского залива Белого моря) является признак, связанный с характером развития перламутрового слоя в районе лигамента (Кепель, Озолиньш, 1992; Золотарев, Шурова, 1997; Золотарев, 2002).

Упомянутый признак можно выразить количественно с помощью индекса $Z=a/l$, где a — расстояние от вершины раковины до точки выхода призматического слоя из-под перламутрового слоя в районе лигамента, l — расстояние от вершины раковины до задней границы лигамента. Для проверки пригодности этого признака было проведено сопоставление его частотного распределения (табл. 1) с результатами генотипирования 67 моллюсков по двум диагностическим ядерным локусам (ITS и Me15/16). Моллюски, использованные в молекулярных анализах, были собраны на литорали о. Ряжкова и в эстуарии реки Лувеньга. В обеих точках были найдены генотипы, характерные как для *M. edulis*, так и для *M. trossulus*.

Полученные данные подтверждают отмеченную ранее (Khaitov et al., 2012) корреляцию значений индекса Z и генотипа мидий. В связи с этим, мы будем далее считать, что величина, равная доле мидий, имеющих индекс $Z=0$ (признак характерный для *M. trossulus*), в общем количестве мидий, будет отражать долю *M. trossulus* в поселении в той или иной точке.

Для анализа пространственного распределения двух видов мидий нами, летом 2011 г., были заложено 20 площадок (табл. 2). На каждой площадке были сделаны выборки моллюсков, собранные с двух субстратов: с талломов фукоидов и с грунта. В дальнейшей обработке учитывались лишь особи с длиной раковины больше 10 мм. В каждой выборке была определена доля моллюсков, имеющих индекс $Z=0$, то есть с высокой вероятностью относящихся к *M. trossulus*.

Таблица 1. Количество мидий (экз.), имеющих разное значение индекса Z , среди моллюсков, генотипированных разными методами. *Me* — *Mytilus edulis*, *Mt* — *Mytilus trossulus*.

Z	Генотипирование с помощью ITS			Генотипирование с помощью Me 15/16		
	Me	Mt	межвидовые гибриды	Me	Mt	межвидовые гибриды
0	0	29	1	0	30	0
0,1	0	0	0	0	0	0
0,2	0	0	0	0	0	0
0,3	0	1	1	0	2	0
0,4	0	2	0	0	2	0
0,5	0	4	1	0	3	2
0,6	1	2	1	1	2	1
0,7	3	1	0	3	1	0
0,8	2	2	0	2	2	0
0,9	3	0	0	2	1	0
1,0	13	0	0	13	0	0

По мере удаления от кута Кандалакшского залива (за точку отсчета было выбрано побережье города Кандалакша в районе устья реки Нива), доля мидий, имеющих индекс $Z=0$, снижается. То есть именно в куту залива сосредоточено наиболее обильное скопление тихоокеанской мидии.

Была выявлена значимая отрицательная корреляция между долей мидий, имеющих индекс $Z=0$, и соленостью: $R=-0,54$ (коэффициент Спирмена, $p<0,05$). Таким образом, можно предположить, что пространственное распределение тихоокеанской мидии отчасти определяется влиянием солености. Можно ожидать повышенной концентрации *M. trossulus* в эстуариях, связанных с устьями рек и крупных ручьев, впадающих в море. В неопресненных участках акватории Кандалакшского залива будут преобладать *M. edulis*.

Таблица 2. Доля особей, имеющих индекс $Z=0$, на разных обследованных участках.

Участок	Приблизительное расстояние от Канда拉克-ши (км)	Объем выборки (экз.)	% особей с индексом $Z=0$
о. Малый	1	304	95
о. Большой Дупчостров	3	35	83
о. Овечий	5	69	83
о. Телячий	5	735	83
о. Олений	5	663	83
о. Березовый	7	719	62
о. Куртяжный	11	592	27
о. Ириньин	12	1262	37
о. Бережной Власов	12	848	38
о. Чаячья луда	14	2755	32
о. Демениха	15	667	12
о. Рязков	15	8775	30
Устье губы Колвица	20	740	21
Средняя часть губы Колвица	22	140	37
Кутловая часть губы Колвица	23	30	47
о. Кибринские луды	30	2295	12
губа Ковда (район Лесозавода)	50	785	34
о. Великий (г. Лобаниха)	70–80	1205	10
о. Великий (район Купчининного порога)	70–80	2042	11
Район ББС МГУ (возле причала)	70–80	1016	24

Работа была поддержана грантом РФФИ 08-04-01315.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИСТОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
МОДУЛЯРНЫХ И ТЕСТАЛЬНЫХ КЛЕТОК ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ТРЕХ
СЕМЕЙСТВ АСЦИДИЙ

Т.Г. Шапошникова, А.Ю. Столбовая, А.Е. Павлов
Санкт-Петербургский государственный университет

Внеклеточный матрикс (ВКМ) встречается у всех многоклеточных животных и активно участвует в регуляции множества процессов, происходящих в организме. Асцидии, находясь у основания ветви хордовых, являются очень интересной группой для изучения закономерностей формирования, функционирования и эволюции внеклеточного матрикса (ВКМ), а также отношений ВКМ и взаимодействующих с ним клеток. Туника асцидий представляет собой одну из разновидностей ВКМ. В образовании туники взрослых асцидий принимают участие клетки покровного эпителия и один из типов клеток крови — модулярные клетки. Последние мигрируют в тунику и обеспечивают задубливание белков при ее формировании. Существует гипотеза, что у личинок асцидий аналогичную роль в формировании туники могут играть тестальные клетки, которые окружают ооциты и личинки (Cloney, Cavey, 1982; Cloney, 1990).

Предполагая, что тестальные клетки могут выполнять некоторые функции модулярных клеток при формировании личиночной туники, мы предприняли попытку сравнить некоторые гистохимические и морфологические характеристики этих двух типов клеток у представителей разных семейств отряда Stolidobranchiata.

Зрелая модулярная клетка асцидии *Styela rustica* (сем. Styelidae) характеризуется большим количеством гранул (25–40). Выявлены гранулы сложного строения размером 0,5–3 мкм, состоящие из электронно-плотного центра и более рыхлой периферии. У зрелых модулярных клеток обнаруживаются также электронно-прозрачные гранулы, плотно прилежащие к сложным гранулам. Гранулы молодых модулярных клеток меньше гранул зрелых клеток, и их содержимое представляется более электронно-плотным и гомогенным. К ним также плотно прилегают электронно-прозрачные гранулы с небольшим количеством зернисто-фибрилярного компонента. Можно предположить, что периферический рыхлый компонент сложной грану-

лы зрелой клетки синтезируется на более поздних стадиях дифференцировки, либо появляется по мере дифференцировки клетки в ходе трансформации материала ранних стадий.

Тестальные клетки *S. rustica* заполнены электронно-прозрачной цитоплазмой, содержащей гранулы, по крайней мере, двух типов. Гранулы первого типа — самые крупные и являются доминирующим типом. Они содержат материал, уложенный, по всей видимости, в фибриллярную структуру. Расстояние между фибриллами значительное, сравнимое с их собственным диаметром. В работе Кавальканте (Cavalcante et al., 2002) было показано присутствие подобных структур в тестальных клетках другого вида асцидий из рода *Styela*. Гранулы второго типа представляют собой сложную композитную гранулу. Она состоит из трех компонентов: электронно-светлого и электронно-темного, разделенных промежуточным «блестящим» слоем. В литературе не было найдено данных о подобных структурах.

На полутонких срезах гонад еще трех видов асцидий — *Molgula citrina* (сем. Molgulidae) и *Boltenia echinata*, *Halocynthia pyriformis* (сем. Pyuridae) в цитоплазме тестальных клеток также можно выделить, по крайней мере, два типа гранул: интенсивно окрашенные плотные гранулы и светлые гранулы с гомогенным или рыхлым содержимым. Размер гранул варьирует от 1 до 5 мкм. У каждого из изученных видов морфология гранул тестальных клеток имеет свои особенности. У *M. citrina* материал гранул тестальных клеток выглядит плотным и гомогенным, напоминая гомогенное электронно-плотное ядро сложных гранул морулярных клеток *S. rustica*.

Сравнительный анализ гистохимических характеристик морулярных и тестальных клеток был проведен у шести представителей трех семейств асцидий — Molgulidae (*M. citrina*), Styelidae (*S. rustica*, *Styela clava*) и Pyuridae (*B. echinata*, *H. pyriformis* и *Halocynthia aurantium*). Морулярные клетки содержат в своих гранулах основные белки, а тестальные клетки имеют гликопротеиновые/протеогликановые гранулы, причем полисахаридная часть преобладает у всех исследованных видов за исключением *M. citrina*. Полисахариды тестальных клеток обычно кислые, причем, кислые свойства полисахаридов у представителей трех родов обусловлены разными группами. Сульфатированные полисахара, например, участ-

вуют в образовании покровных структур и облегчают плавание личинки, придавая поверхности туники гидрофильные свойства (Cavalcante et al., 1999). Выполненная в программе Primer процедура Relate (Clarke, Gorley, 2006) показывает, что по комплексу гистохимических характеристик морулярные и тестальные клетки асцидий достоверно различаются. За исключением *M. citrina*, у которой соотношение белкового и полисахаридного компонентов в тестальных клетках сходно с морулярными — в них сильнее выражен белковый компонент, а среди полисахаридов преобладают нейтральные.

Следует отметить, что *M. citrina* имеет свои особенности в развитии — для нее характерно внутреннее оплодотворение, эмбрионы развиваются внутри материнского организма. По-видимому, и модификации личиночной туники у этого вида имеют свои особенности. Вероятно, химический состав гранул тестальных клеток и, соответственно, упаковка материала в гранулах связаны с типом развития животного и способом модификации свойств формирующейся личиночной туники.

Работа выполнена при поддержке фонда РФФИ (гранты 09-04-01145а и 12-04-01497а). Авторы выражают огромную признательность сотрудникам ББС ЗИН РАН «Картеш» за предоставленную возможность поработать на станции и постоянную помощь в проведении работ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ПЕРЕНОСА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ИЗОТОПНОГО СОСТАВА СНЕГА В РАЙОНЕ ББС МГУ (С-З ПОБЕРЕЖЬЕ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЕЯ)

В.П. Шевченко¹, А.П. Лисицын¹, Н.А. Буданцева²,
А.Ю. Бычков³, Ю.К. Васильчук², А.А. Виноградова⁴,
Ю.А. Иванова⁴, Н.В. Кучерук¹,
О.В. Максимова¹, А.Н. Новигатский¹, О.С. Покровский⁵,
Д.П. Стародымова¹, А.С. Филиппов¹, Ю.Н. Чижова²

1 — Ин-т океанологии им. П.П. Ширшова РАН, 2 — Географический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, 3 — Геологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, 4 — Ин-т физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, 5 — Лаб. георесурсов и окружающей среды (Тулуза)

Большое значение для изучения воздушной (эоловой) постав- ки вещества в Белое море и на прилегающую к нему сушу

имеют исследования природных архивов — снежного покрова, лишайников, мхов, озерных и болотных отложений (Шевченко и др., 2011, 2012).

Снежный покров обладает рядом свойств, делающих его удобным индикатором состояния экосистемы (Василенко и др., 1985; Бояркина и др., 1993; Лисицын, 2001, 2010; Рапута, Коковкин, 2002; Lisitzin, 2002).

1. Снег вымывает из атмосферы твердые (аэрозоли) и растворенные вещества (влага и все виды загрязнений).
2. В отличие от дождя, который уходит в почву или стекает с поверхности льдов, снег сохраняется на поверхности почвы и льда и таким образом фиксирует все атмосферные выпадения за снежный период года.
3. Осадочное вещество снега (жидкое и растворенное) характеризует зимнюю атмосферу, когда окружающая суша покрыта слоем снега, а реки и моря — льдом, т.е. поступление аэрозольного минерального вещества и солей из водосбора и с поверхности моря отсутствует или минимально, большое значение поэтому приобретает вещество дальнего (тысячи км) переноса (Лисицын, 1978, 1994, 2011; Lisitzin, 1996).

Лишайники — очень устойчивая симбиотическая ассоциация грибов и зеленых водорослей или цианобактерий (Бязров, 2002). Вся поверхность тела лишайника подвергается воздействию загрязнителей, находящихся в воздухе, поэтому лишайники являются долгоживущими накопителями поллютантов, таких как тяжелые металлы, радионуклиды, фтор и хлорированные углеводороды (Баргальи, 2005). Данные о распространенности, обилии видов лишайников и их элементном составе уже много лет используются для индикации загрязнения атмосферы (Garty, 2001; Бязров, 2002; Шевченко и др., 2004; Баргальи, 2005).

В Республике Карелия накопление тяжелых металлов лишайниками изучено слабо, опубликованы только единичные работы (Лазарева и др., 1992; Пантелеева, 2009). Сведений о таких исследованиях в окрестностях ББС МГУ в литературе мы не нашли.

В экспедициях в начале апреля 2010 г. и с 20 марта по 2 апреля 2012 г. проводилось исследование состава снежного покрова — как нерастворимых частиц, так и растворенной фазы.

Для изучения эолового переноса отобраны пробы свежевыпавшего снега и снежных шурфов. Для определения концентрации растворенной фракции металлов (точнее, суммы растворенной и коллоидных фракций) талую воду фильтровали через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм. Концентрации металлов в фильтрате, подкисленном несколькими каплями азотной кислоты, определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе Element 2 (Thermo Finnigan) на кафедре геохимии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Изотопный состав кислорода и водорода талой снеговой воды анализировали в изотопной лаборатории географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова на масс-спектрометре «Delta-V» со стандартной опцией газ-бенч по стандартным методикам.

В 2010–2012 гг. на полуострове Киндо и в устьевой зоне Черной речки были отобраны пробы эпигейных (*Cladonia* spp.) и кустистых эпифитных (*Bryoria* spp. и *Usnea* spp.) лишайников. Отбор проб производился в стерильные полиэтиленовые пакеты, используя одноразовые полиэтиленовые перчатки. В лаборатории пробы хранили в холодильнике и затем высушивали при температуре 30–40°C в течение 3–5 суток. Высушенные пробы очищали от инородных примесей (фрагменты других растений, частицы почвы) с помощью пластикового пинцета. Далее пробы были перетерты в агатовой ступке растирочной машины FRITSCH pulversette (Германия). Растертые пробы были разложены смесью концентрированных ультрачистых H_2O_2 , HNO_3 и HF в тefлоновых контейнерах с использованием микроволновой печи. Элементный состав лишайников был определен методами атомно-абсорбционной спектрометрии на приборах КВАНТ-2А и КВАНТ-З.ЭТА в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на приборе Agilent 7500 в Лаборатории георесурсов и окружающей среды (Шевченко и др., 2011, 2012, 2013).

Концентрация нерастворимых частиц в снеге в период с 20 марта до 2 апреля 2012 г. была низкой (от 0,84 до 1,68 мг/л, в среднем 1,28 мг/л) и находилась на фоновом для Арктики уровне.

В снежной толще у причала ББС МГУ в интервале глубин 0–21 см вскрыт в основном снег, выпавший ранней вес-

ной (или поздней осенью), его значения $\delta^{18}\text{O}$ варьируют от $-11,8\text{‰}$ до -16‰ , а значения δD от $-77,63$ до $-114,17\text{‰}$. Для сравнения в свежем весеннем снеге на оз. Кисло-сладком значения $\delta^{18}\text{O}$ составляют $-14,7\text{‰}$, а значения δD $-99,17\text{‰}$. На оз. Верхнее Ершовском в верхних 20 см снежной толщи сохранился и зимний снег: его значения $\delta^{18}\text{O}$ варьируют от $-20,12$ до $-22,3\text{‰}$, а значения δD достигают $-158,34\text{‰}$. Здесь же в снежной корке на глубине 12–13 см значения $\delta^{18}\text{O}$ составляют $-15,7\text{‰}$, а значения δD $-110,85\text{‰}$. Таким образом, по распределению стабильных изотопов достаточно определенно отделяется снег зимнего периода от весеннего и осеннего (Васильчук, Котляков, 2000).

Концентрации суммы растворенных форм металлов были на фоновом уровне (Caritat et al., 1998; Гордеев, Лисицын, 2005; Шевченко, 2006). Однако концентрация растворенного стронция в снеге из окрестностей ББС МГУ на два порядка превышает концентрации стронция в снеге фоновых районов Арктики и близки к концентрациям в снеге, отобранном на дрейфующих льдах Центральной Арктики (Бардин и др., 1990), что говорит о влиянии морской соли. Под действием ветра капли морской воды поступают в приповерхностный слой атмосферы и переносятся на сотни метров, оседая затем на снежный покров.

В целом, химический состав эпигейных лишайников варьирует в широких пределах и зависит от воздействия многих факторов. Привнос литогенной пыли играет главную роль для таких элементов как Ti, Cr, Co, Ga, Fe, Zr, Nb, Ga, Th, U, PЗЭ. Для Pb, Zn, Cd, Bi, Hg, Se важную роль играет дальний перенос от удаленных источников загрязнения. Влияние Мончегорского медно-никелевого комбината «Североникель» (Мурманская область) прослеживается на большие расстояния и выражается в районе ББС МГУ в дополнительном, по сравнению с фоновыми районами, обогащении лишайников Cu, Ni, Co, Pb, Cd. Влияние моря отражается в повышении содержания и коэффициентов обогащения натрия и магния, а также отношения Na/K.

В окрестностях ББС МГУ в кустистых эпифитах сравнительно много Cu и Co (основным их источником по модельным оценкам является Мончегорский медно-никелевый ком-

бинат), но мало Mn (Шевченко и др., 2011; Виноградова и др., 2012).

Для оценки роли различных источников в формировании состава проб были рассчитаны коэффициенты обогащения лишайников (КО) элементами относительно среднего состава земной коры по формуле:

$$\text{КО} = (\text{Эл.}/\text{Al})_{\text{проба}} / (\text{Эл.}/\text{Al})_{\text{земная кора}},$$

где «Эл.» и «Al» — концентрации интересующего нас элемента и алюминия в пробе и в континентальной земной коре (Rudnick, Gao, 2003), соответственно.

В районе ББС МГУ повышены КО кобальта и кадмия, что, по-видимому, связано с воздействием металлургической промышленности Кольского полуострова.

В пробах, отобранных вблизи ББС МГУ, наблюдаются пониженные коэффициенты обогащения марганца. Средний КО марганца для выборки составляет 47, в то время как вблизи ББС МГУ КО марганца варьирует от 10 до 27. В пробах, отобранных вблизи от береговой линии, наблюдаются повышенные КО Cu, Ni, Co, Zn и Cd, что может быть связано как с воздействием морского аэрозоля, так и с воздействием Мончегорского комбината.

В целом, воздушный перенос играет важную роль в поставке тяжелых металлов в окружающую среду окрестностей ББС МГУ. Исследования особенностей поступления тяжелых металлов из разных источников и их потоков продолжаются.

Авторы признательны директору ББС МГУ А.Б. Цетлину и ее сотрудникам В.П. Сивонен, В.В. Сивонену, Л.Д. Папунашвили, Н.А. Вершинину, А.В. Савченко, Е.Д. Красновой и многим другим за помощь, М.П. Журбенко за определение видового состава лишайников, В.В. Гордееву и Л.Л. Деминой за помощь в выполнении атомно-абсорбционной спектрометрии. Работы проводились при финансовой поддержке Программы № 23 фундаментальных исследований Президиума РАН (проект «Трансевропейский меридиональный геолого-геохимический морской разрез»), РФФИ (грант 11-05-00300-а), гранта поддержки ведущих научных школ НШ-618.2012.5.

ТОНКОЕ СТРОЕНИЕ АГГЛЮТИНИРОВАННЫХ ТРУБОЧЕК ПОЛИХЕТ

Т.Д. Щербакова, М.М. Мардашова, О.С. Соколова,
А.Б. Цетлин

Биологический ф-т МГУ им М.В. Ломоносова

Полихеты — массовые представители донных сообществ, часто играющие в них руководящую роль. В результате деятельности полихет может существенно изменяться структура дна. Многие седентарные полихеты строят себе убежища-трубочки или роют норки, скрепляя частицы грунта клейкими веществами или секретируя стенки трубочки. Защитные постройки полихет очень разнообразны как по химическим веществам, из которых они построены, так и в плане морфологии. Также различаются механизмы секреции клейких веществ (Jensen, Morse, 1988). Трубочки служат для механической защиты червя от волнового воздействия, высыхания, хищников (Dill, Fraser, 1997) и конкурирующих обитателей (Jensen, Morse, 1988), а также для защиты яиц (Stabili et al., 2009).

Трубки могут быть целиком выделены червем (Bubel et al., 1983), либо построены с помощью материалов из окружающей среды (агглютинированные) (Kongsrud, Rapp, 2012). Целиком секретированные трубки делятся на хитиновые и известковые. Агглютинированные трубки состоят из частиц грунта: песчинок, осколков ракушки, ила (Jensen, Morse, 1988), скрепленных органическим цементом — матриксом.

В данной работе мы исследовали тонкое строение трубок полихет представителей пяти семейств — Maldanidae, Pectinariidae, Oweniidae, Spionidae, Terebellidae. Мы поставили задачу получить СЭМ-изображения трубочек полихет из этих семейств, выявить различия во внутренней организации построек, выделить различные типы строения трубочек. Материал был собран в 2011–2012 гг. в окрестностях Беломорской биологической станции МГУ путем тралений и береговых сборов. Несколько экземпляров червей семейства Oweniidae из Баренцева моря были предоставлены С. Водопьяновым.

Червей извлекали из трубок, после чего их промывали дистиллятом, высушивали на воздухе либо фиксировали в спирте или формалине, после чего изучали материал с помощью

сканирующего электронного микроскопа. Всего были исследованы постройки червей 14 видов.

Материал, из которого построены трубочки, сильно варьирует у исследованных нами видов. Он зависит не только от состава грунта, но и, судя по однообразию формы и/или размера частиц, составляющих трубку, от предпочтительного выбора полихет — они умеют сортировать частицы. Так, черви рода *Pectinaria* выбирают таблетковидные песчинки, *Galathowenia oculata* — удлиненные и плоские песчинки, либо (предположительно) спикулы и песчинки. Несколько особей *Maldane sarsi*, собранных на разных грунтах (песчано-илистый и песчаный) выбирали для своих построек самые мелкие частицы (до 7 мкм диаметром). Свидетельства подобной сортировки ранее описаны для мальданид (Dufour et al., 2008), сабеллид (Bonag, 1972), овениид (Fager, 1964) и пектинариид (Dean et al., 2009).

По нашим данным, несмотря на внешнее разнообразие, все исследованные трубочки построены по одному плану. Внутренний просвет трубки покрыт застывшей органической выстилкой, выделенной самим червем. Снаружи от этой выстилки отделяются волокна или тяжи, переходящие в матрикс, скрепляющий агглютинированные частицы. Он может образовывать структуры разной формы — от аморфной массы (*Galathowenia oculata*), пленок (как у червей рода *Pista*) либо кружевной паутины (*Praxillella praetermissa*) до ячеистой структуры, стенки которой могут быть выполнены из фибрилл (*Nicomache lumbricalis*) либо пленки (*Pectinaria koreni*, *Pectinaria hyperborea*).

Несмотря на схожесть общего строения, мы выявили несколько различных типов строения агглютинированных трубок. Первый тип, состоящий из внутренней мембраны (выстилки, отделяемой от матрикса) и внешней части трубки из чужеродных частиц, скрепленных матриксом, характерен для *Nicomache minor*, *N. lumbricalis*, *Praxillella praetermissa*, *Maldane sarsi*, *Axiiothella catenata*, *Pectinaria koreni*, *P. hyperborea* (семейства Maldanidae и Pectinariidae). Второй тип характерен для *Owenia fusiformis*, *Galathowenia oculata*, *Pista flexuosa*, *Pista maculata* (семейства Oweniidae и Terebellidae). Матрикс у этого типа «обертывает» каждую песчинку, внутренняя мембрана есть. У *Dipolydora quadrilobata*, *Pygospio elegans* — ви-

дов семейства Spionidae — третий тип трубки. Мембрана как обособленная структура отсутствует. Внутренняя выстилка образована уплотненным матриксом. Мелкие частицы внешней части трубки смешаны с матриксом, крупные прикреплены не очень прочно. Различное строение трубок влияет на их механические свойства — у Pectinariidae и Maldanidae трубки более ломкие (либо мягкие, если построены из ила, как у *Maldane sarsi*), а у Terebellidae, Oweniidae и Spionidae — более упругие и прочные на разрыв.

МОРСКАЯ КОРРОЗИОННАЯ СТАНЦИЯ ИНСТИТУТА ХИМИИ ДВО
РАН

А.А. Юдаков, Е.Н. Толстоконова
Ин-т химии ДВО РАН

Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук имеет в своем составе Дальневосточный морской коррозионный центр (ДВКМЦ), занимающийся проведением исследований в области морской коррозии. Базой натурных исследований ДВКМЦ является Морская коррозионная станция, обеспечивающая проведение гидрохимических, электрохимических и биологических исследований коррозионных процессов, разработку эффективных средств защиты от коррозии и биоповреждений, апробацию и аттестацию продукции. Станция находится на берегу бухты Рында, которая является одной из акваторий залива Петра Великого и располагается на западном берегу острова Русский между мысом Кошелева и мысом Михайловского. Бухта характеризуется слабым антропогенным загрязнением и хорошим водообменом за счет циклического, приливно-отливного и сгонно-нагонного течений. Дислокация, природно-климатические условия и соленость воды, близкая к океанической, делают акваторию бухты Рында одним из наиболее оптимальных мест в России для проведения натурных морских коррозионных испытаний.

Таблица 1.Некоторые климатические параметры района бухты Рында.

Показатель	Средняя	Максимальная	Минимальная
Метеорология			
Температура воздуха, °С	4,6	30,6	−25,6
Относительная влажность, %	71	95	45
Температура воды, °С	8,6	25,5	−2,0
Гидрохимия района морского стенда			
Общая соленость, ‰	32,89	35,48	27,50
pH	8,09	8,25	7,60
Концентрация ионов Cl, ‰	18,66	19,78	14,85
Общая концентрация кислорода, мг/л	10,31	14,10	7,60
Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), мВ	205,6	209,0	193,0

Данные мониторинга солености морской воды в районе морского испытательного стенда в течение основных гидрологических сезонов: апрель-июнь (весна), июль-сентябрь (лето), октябрь-декабрь (осень), январь-март (зима), установленных для прибрежных акваторий региона, выявили ее стабильность и равномерность до глубины 5–7 м. Наибольшая соленость воды была отмечена в зимний период в придонном слое. Такая же тенденция проявляется и в заливе Петра Великого, где показатели солености зимой достигают 33–35‰ (Юдаков, Толстоконова, 2009, 2011). В настоящее время на станции проводятся постоянные метеорологические наблюдения с помощью multifunctional цифрового автоматического метеокomплекса La Crosse WS 2500, позволяющего проводить метеонаблюдения за температурой воздуха, влажностью, освещенностью, давлением, уровнем солнечной радиации и другими параметрами, которые определяют развитие коррозионных процессов в атмосфере прибрежной зоны. Программное

обеспечение, входящее в метеорологический комплекс, передает данные на веб-сервер, адрес сайта *mksmeteo.ru*. Вся информация, полученная метеостанцией, представлена на отдельных страницах сайта в виде отчетов и графиков. Ведется видеомониторинг акватории бухты Рында, данные которого сохраняются в базе данных компьютера. Климат Русского острова, где располагается Морская коррозионная станция, соответствует основным характеристикам муссонного влажного климата Приморья, особенностями которого являются сезонная смена преобладающих ветров и четкий выраженный годовой ход метеорологических параметров. В течение года вероятность северных ветров и суммарная вероятность южных и юго-восточных примерно одинаковая (34–35%). Среднегодовая температура морской воды равна 8,6°C и ее значения меняются от –2°C зимой до +25,5°C летом.

За период существования Морской коррозионной станции было реализовано несколько крупных программ по изучению коррозионной стойкости материалов. Обеспечивалась испытательная часть исследований особенностей механизма коррозии сплавов в Японском море по программам «Мировой океан», международного проекта «Южно-Китайское море», двустороннего советско-вьетнамского сотрудничества. Изучалась коррозионная стойкость изделий подводной техники (контактная коррозия элементов конструкций, эффективность средств защиты от коррозии и обрастания); режимы последствия солевых осадков при длительной катодной поляризации металлических поверхностей; коррозия сталей, алюминиевых и др. сплавов в морской среде и атмосфере. Обеспечивались испытания антикоррозионных и противообрастающих свойств на всех этапах разработки рецептур красок для морских судов и научных основ термопластических и термореактивных систем. В результате исследования биокоррозии был определен состав обрастателей бухты Рында, выявлен ряд закономерностей разнообразия водного животного и растительного мира акватории, установлены доминирующие организмы на этапах сукцессии в макро обрастании на корпусах судов. Состав обрастателей бухты Рында относится к низко бореальной биогеографической подобласти. Смещение вод двух сталкивающихся течений — холодного с севера Приморского и ответвления теплого южного Кура시오, порождает разнообразие жи-

вотного и растительного водного мира. На этапах сукцессии в макро обрастании доминируют: гидроиды *Obelia longissima*, *Tubularia indivica*, *Hydroides enzoensis*, *Dexiospira alveolata*; красные, бурые и зеленые водоросли; усонogie раки *Balanus crenatus*, *Balanus improvisus*; трубчатые черви *Hydroides ezoensis*, *Dexiopia alveolata* и мидии *Mytilus edulis* (Корякова, Никитин и др., 2002).

Таблица 2. Интенсивность обрастания в акваториях Тихого океана (30 суток).

Характеристика обрастания	Залив Нячанг, Южно-Китайское море	Бухта Рында, Японское море
Объем, см ³ /м ²	579,64	208,3
Мокрая биомасса, г/м ²	514,20	266,7
Сухая биомасса, г/м ²	387,28	79,3

Возможности Морской коррозионной станции позволяют, помимо коррозионных испытаний, проводить ряд перспективных работ с использованием акваминеральных и биологических ресурсов моря. Одна из них относится к решению проблем опреснения морской воды. С этой целью готовится к запуску уникальная установка обратного осмоса, отрабатываются способы очистки и восстановления ее мембран. Другая разработка связана с проблемами экологии окружающей среды. Предложен оригинальный метод очистки технических масел путем конверсии полихлорированных ароматических соединений в биосовместимые продукты. Ключевая роль в методе отводится морским гетеротрофным организмам.

ФЛЮИДОРАЗГРУЗКА И СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ: РЕЗУЛЬТАТЫ
18-ГО РЕЙСА ПЛАВУЧЕГО УНИВЕРСИТЕТА
ЮНЕСКО — МГУ

А.Ю. Юрченко, Г.Г. Ахманов
МГУ им. М.В. Ломоносова

Программа «Плавучий Университет» с его всемирно известным слоганом «Обучение через исследования» (Training Through Research или TTR) была основана более 20 лет назад. С 1991 г. по 2006 г. «Плавучий Университет» ежегодно выходил в море на период от 30 до 70 дней. 17-й рейс TTR был проведен в 2008 г. За это время выполнены исследования на глубоководных континентальных окраинах Европы и в Северной Атлантике. «Плавучий Университет» всегда обращался к самым передовым и востребованным, в том числе нефтегазовой индустрией, научным задачам. Программе TTR принадлежит первенство в открытии многочисленных структур, связанных с газовой разгрузкой на морском дне, и газовых гидратов в Черном и Средиземном морях, на Атлантической окраине Европы, детальные исследования строения современных терригенных конусов выноса, оценка рисков геологических событий с негативными последствиями для инженерно-хозяйственной деятельности компаний на шельфе и подножии континентальных окраин, обнаружение и описание прежде неизвестных биологических видов, обитающих в аномальных зонах на морском дне. За эти годы студентами и преподавателями «Плавучего Университета» стали свыше 1000 человек из более чем 25 стран мира. По материалам рейсов выпущено 17 открытых отчетов на английском языке, 16 сборников трудов международных совещаний, посвященных рейсам «Плавучего Университета», 3 специальных сборника международных реферируемых журналов, в МГУ защищено 2 докторские диссертации.

В августе-сентябре 2011 г. при поддержке НОЦ и при финансировании от компании Статойл был организован 18-й рейс «Плавучего Университета» на НИС «Академик Николай Страхов». Он проходил в Норвежско-Российской бывшей спорной, а с 2011 г. разграниченной, зоне в Центральном Баренцевом море, и был посвящен изучению зон разгрузки углеводородных потоков на морском дне и исследованию нефтя-

ных систем Баренцева моря. МГУ стал первым, кто провел научные исследования в этом районе после подписания Норвежско-Российского соглашения о разграничении территорий и открытии этого района для науки.

Во время рейса использовался набор геофизического и геологического оборудования, включая многолучевой эхолот, профилограф, гидролокаторы, оборудования для сейсморазведки, подводное телевидение и оборудование для донного пробоотбора: гравитационная трубка, драга, грейфер.

Основными задачами рейса являлись: изучение морфологии морского дна, в том числе с целью выявления структур, связанных с флюидоразгрузкой; восстановление истории развития района; исследование молекулярного и изотопного состава углеводородных газов; поиск аномалий их содержания в осадках; привязка обломков коренных пород к определенным стратиграфическим интервалам; изучение нефтематеринского потенциала этих пород; анализ изотопного состава карбонатов с целью определения их природы; исследование распространения биологических видов, в т.ч. поиск специфических хемосинтетических организмов, чья жизнедеятельность связана с присутствием повышенных концентраций метана в осадках.

В ходе 30-дневной экспедиции получен уникальный материал и удалось впервые охарактеризовать ряд интересных объектов.

Путем драгирования двух структур, связанных с выходом на поверхность тел соляных диапиров, впервые в этой части моря отобраны образцы пермских и триасовых пород, обычно залегающих в этом районе на глубинах свыше 3 км и вынесенных на поверхность в результате движения соляных масс к поверхности. Обломки пород были детально исследованы макроскопически и в шлифах; проанализирован состав карбонатного материала, проведен рентгенофазовый анализ, микротомографические исследования, люминисцентно-битуминологический анализ, пиролиз для определения нефтематеринских свойств. Было экстрагировано ОВ и затем исследовано с использованием газовой хроматографии. Исследования отобранных обломков позволили оценить нефтегенерационный потенциал пород и их коллекторские свойства.

В ходе рейса было проведено детальное геохимическое опробование морского дна над структурой Северо-Кильден-

ского газового месторождения. Газоносность этой структуры установлена давно. Одной из задач рейса было тестирование и сравнение различных методов поверхностного геохимического поиска месторождений углеводородов, набирающих сейчас популярность. Поэтому была выбрана подтвержденная газоносная структура и выполнен пробоотбор, проведены лабораторные исследования согласно основным методам геохимического картирования, чтобы оценить способность разных методов «почувствовать дыхание залежи». Всеми методами удалось хорошо закартировать газовую разгрузку вдоль разломов и определить наиболее рациональную методику морского геохимического поиска месторождений в целом.

Крупнейшая структура Центрального Баренцева моря — свод Федынского — была одним из объектов исследований в ходе рейса. Вопрос о перспективности этой структуры на содержание углеводородов пока открыт и представляет реальный интерес, в т.ч. и для многих нефтяных компаний. Впервые выполненные детальные исследования поверхности морского дна над сводом Федынского позволяют смотреть на этот вопрос с определенным оптимизмом. В ходе рейса удалось выявить повышенный тепловой и газовый режим над структурой и отобрать погонофор — представителей морского бентоса, живущих в условиях метаноразгрузки на морском дне.

Среди прочих открытий экспедиции — обнаружение и детальные исследования подводного долинно-руслового комплекса, сформировавшегося в эпоху последнего ледникового периода, и поля скопления донных газовых воронок.

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ БЕЛОГО
МОРЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

П.И. Константинов¹, В.М. Степаненко¹, И.А. Репина², М.И.
Варенцов¹, К.О. Мельник¹, Е.А. Куканова¹

1 — Географический ф-т МГУ им. М.В.Ломоносова, 2 — Ин-т физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН

В 2010-2012 гг. на полуострове Киндо были впервые произведены экспедиционные метеорологические исследования в зимний период усилиями кафедры метеорологии и климатоло-

гии географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова. Одной из главных научных целей, поставленных перед экспедициями, было изучение теплового вклада полярной, традиционно возникающей в проливе Великая Салма, в микроклимат окружающих территорий.

Этот вопрос в свете возрастающего интереса к климатологии Арктического региона является отнюдь не праздным. Ведь количество полярных в зимней период в морях арктического бассейна неуклонно растет, и изучив вклад одной из них, можно сделать определенные выводы о динамике климата всего региона. Таким образом полярная в Великой Салме является чрезвычайно удачной моделью, для изучения влияния арктических полярных на региональный микроклимат. Исследование арктических регионов вообще на данном этапе представляет собой активно развивающееся направление современной географии. Об этом можно судить по результатам исследований, проведенных в рамках Международного полярного года, которые показали, что потепление климата в Арктике продолжается (Доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата IPCC, 2007). Произошли изменения в скорости таяния арктического льда, нарушение и уменьшение ледового покрова, а, следовательно, увеличение количества полярных и снежных в акватории Северного ледовитого океана. Таким образом, актуальность исследования северных регионов и составления для них климатических прогнозов не вызывает сомнений.

И, как это часто бывает, в первых экспедициях категорично ответить на главный вопрос не удалось, но попутным образом было выявлено очень любопытное явление — в отдельных синоптических ситуациях микроклиматические различия температуры воздуха между ББС и вершиной горы Ругозерская достигали 6–7 градусов. Подобное явление чрезвычайно редко наблюдается зимой в Заполярье, поэтому его генезис был изучен дополнительно. Выяснилось, что его причиной является редкое сочетание географических факторов: северная ориентация склона, на котором расположена ББС в январе практически полностью препятствует дневному прогреву приземного воздуха, в то время как вершина горы в ясный солнечный день неплохо прогревается (это заметно в дневном ходе температуры). Кроме того, в районе ББС устойчивая ночная вертикаль-

ная инверсия температуры не разрушается в дневные часы, способствуя сохранению холодов.

В 2012 г. с помощью Института Физики Атмосферы было запланировано углубленное изучение инверсий, образующихся в приземном слое атмосферы в полярных широтах. Для этой цели было проведено непрерывное зондирование термического состояния атмосферы с помощью профилимера МТП-5 (Kadygrov, Rick, 1998), основанного на принципе пассивной локации и способного измерять температуру на высотах от 0 до 600 метров с шагом по вертикали 50 м каждые 5 мин. Погодная ситуация для определения инверсий была крайне благоприятна — в конце января 2012 г. над всей Европейской территорией России расположился мощный антициклон, принесший с собой памятные холода.

Измерения, сделанные профилимером, показали существование стабильной и мощной атмосферной инверсии в течение всего периода проведения измерений. Значения вертикального температурного градиента были положительными в течение всего времени вплоть до высоты в 600 м, где они становились близкими к нулю. Таким образом, до 600 метров можно выделить слой с устойчивой стратификацией, выше она сменяется на слабоустойчивую, верхнюю границу которой по данным измерений оценить невозможно.

При этом наиболее резкий температурный градиент, достигающий $8^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$, наблюдается в слое между 50 и 100 м. Особая ситуация наблюдается в нижнем слое между 0 и 50 м, где под влияние подстилающей поверхности инверсия разрушается в ночное время суток, этот феномен будет более подробно рассмотрен ниже.

Таким образом, мощность наблюдаемой инверсии, и факт ее существования в течение всего времени суток позволяют сделать вывод, что она имеет адвективно-радиационный генезис. Полученный результат тем более примечателен, что подобные температурные инверсии довольно редко удается изучить с помощью термического зондирования. Из сравнения наблюдавшейся температурной инверсии с ее аналогами. Полученные данные свидетельствуют о том, что по мощности наблюденное явление значительно уступает только Антарктической температурной инверсии.

Кроме того, были проведены и комплексные микроклиматические исследования на полуострове Киндо в зимний период. Для этого в 2010-2011 годах были использованы три автоматические метеорологические станции со встроенными микрокомпьютерами, одну установили на вершине Ругозерской горы, другую — в Кислой губе, третью — у мыса Крестовый. Чтобы микрокомпьютеры могли бесперебойно работать на морозе была разработана методика их круглосуточного обогрева — в ходе беломорской экспедиции эта методика была испытана впервые. Данные о ситуации в непосредственной близости к полынье были получены также со стационарной автоматической метеостанции ББС МГУ, установленной на пирсе.

Другая задача — сравнение характеристик снегового покрова на разном удалении от полыньи и на разных склонах склона Ругозерской горы: обращенном к полынье (северном), и на противоположном (южном). С помощью снегомерной съемки можно узнать, где снега зимой накапливается больше, где меньше, где он плотнее, а также статистику его распределения в разных ландшафтах. На безлесных участках полуострова максимум вероятности высоты снега приходится на 34–55 см. Близкое к нормальному распределение высот снега объясняется разными значениями высот для литоралей, болот, поверхности скал. Для участков с растительностью характерными высотами являются 35–65 см (максимум вероятности 45–50 см).

Также впервые в данном регионе, на основе сопряжения данных наблюдений и данных моделирования были получены значения характеристик теплообмена деятельного слоя суши с атмосферой для изучаемой территории для открытых участков и участков, покрытых лесом. Значения потоков явного и скрытого тепла, составили $-7,95\text{ Вт/м}^2$ и $-0,32\text{ Вт/м}^2$ соответственно для залесенных территорий, и $-6,99\text{ Вт/м}^2$ и $0,11\text{ Вт/м}^2$ для открытых местностей.

Подводя итог, можно сказать, что в ходе экспедиций 2010–2012 гг. были получены следующие научные результаты:

1. За время наблюдений разница температур между точками на побережье и на вершине горы Ругозерской неоднократно достигала 6°C и более. Поэтому можно утверждать, что по-

добное явление наблюдается из года в год в условиях антициклональной погоды и приземной инверсии температур;

2. Подтверждено сделанное на основе экспедиции 2011 г. предположение о существовании в антициклональную погоду в районе ББС мощной температурной инверсии, достигающей 8°C в слое от 50 до 100 м;

3. Изучена вертикальная структура данной инверсии, установлен ее генезис;

4. Установлена однозначная связь между вертикальными градиентами в инверсии и микроклиматическим различиями между точками наблюдений на различных гипсометрических высотах;

5. Изучено тепловое влияние полыньи на температурные градиенты и потоки явного тепла в приземном слое;

6. Сделана попытка количественной оценки теплового влияния полыньи для условий ББС;

7. Получены характеристики распределения снежного покрова на территории полуострова Киндо.

НЕВОЛНОВЫЕ ФАКТОРЫ ДИНАМИКИ БЕРЕГОВ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА (БЕЛОЕ МОРЕ)

Т.Ю. Репкина, Н.В. Шевченко, Н.И. Косевич

Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Яркая особенность фиардово-шхерных побережий, в том числе Западного Беломорья — крайняя неравномерность воздействия на берег агентов рельефообразования, в первую очередь — ветрового волнения, решающего фактора динамики большинства берегов Земли. На берегах глубоко вдающихся в сушу узких заливов и проливов, особенно защищенных цепочками островов-шхер, воздействие волнение существенно ослаблено. Высота ветровых волн здесь в несколько раз меньше, чем на открытых побережьях. В 1977–2006 гг. средняя месячная высота волн в куте Кандалакшского залива составила 0,15–0,19 м, максимальная — 0,2–1,0 м, а на ЮЗ входе в залив (ГМС Гридино) – 0,19–0,36 м и 0,8–2,5 м соответственно (Атлас Белого моря, 2010). В таких условиях в динамике берега

особенно значимы неволновые факторы — приливные колебания уровня и течения, воздействие припайных льдов и биоты.

Приливы в Кандалакшском заливе правильные, полусуточные, с амплитудой до 2,5–3,5 м. Однако, из-за изрезанности береговой линии и многочисленных неровностей подводного рельефа высота приливов и скорости течений на разных участках заметно отличаются. У пирса ББС МГУ колебания уровня моря в июле-октябре 2008–2012 гг. составили 2,0–2,3 м (<http://wsbs-msu.ru>. Климат). Наибольшие скорости приливных течений приурочены к подводным порогам и «узостям» — сужениям заливов и проливов, где они могут увеличиваться с 0,2–0,5 до 1–3 м/с.

Припайный лед в среднем держится в Кандалакшском заливе с ноября по май, в теплые зимы — с января по май. Существенная часть припая, особенно на сильно расчлененных берегах, тает на месте (Чувардинский, 1985). Однако при определенных условиях лед может быть вынесен в акваторию или выброшен выше уровня штормового заплеска.

Восходящие тектонические движения определяют широкое распространение в береговой зоне скальных пород, фрагментарность и маломощность чехла рыхлых отложений выше уреза, высокое содержание в них грубообломочного материала. Это приводит к резкому дефициту в береговой зоне песчаных наносов при обилии крупных обломков. Валуны и глыбы попадают на берег за счет размыва ледниковых и морских отложений, с поднимающимися из-под воды террасами, при разрушении скальных береговых уступов и бенчей выветриванием, льдом и волнением.

Несмотря на кажущуюся мозаичность строения береговой зоны, на поперечном профиле внутренних берегов заливов и проливов отчетливо выделяются основные формы рельефа, отражающие характер воздействия волнения, приливов и припайных льдов. Зона заплеска (супралитораль) плохо выражена в рельефе и приходится на уровень самых низких террас. Обычно она маркируется штормовыми выбросами (преимущественно, водорослевыми валами). Уровень наиболее интенсивной волновой переработки соответствует среднеквадратурным приливам и занят маломощными прислоненными пляжами либо валунной отмосткой (шириной первые метры) или скальными выходами. В безледный период именно на этом

уровне происходит наиболее интенсивное перемещение наносов волнением. Но во внутренних частях заливов энергии волнения, как правило, хватает лишь на перенос песчаных и гравийных, редко — галечных отложений. Зимой супралитораль и верхняя часть пляжа заняты неподвижным припаем, примерзшим к грунту, не испытывающим приливных колебаний, тающим обычно «на месте» (Чувардинский, 1985), и консервирующим наносы. Льдины смещаются лишь, когда разрушение припая сопровождается нагонами или совпадает с сизигийными приливами.

К подножию пляжа примыкает самая широкая (от первых метров до первых сотен метров, в среднем — 20–40 м) часть береговой зоны — приливная осушка (литораль). Часто она имеет две и более ступени, разделенные отчетливыми перегибами. Характерны: пестрый гранулометрический состав; фрагментарное распространение песков, тяготеющих, как правило, к нижней трети осушки; обилие более крупных обломков — от гравия и гальки до валунов и глыб, прерывистым чехлом, прикрывающим бенчи, выработанные в скальных породах или древних морских («сизых») глинах. В средней части осушки часты «эрозионные окна», где пески отсутствуют, а обломочный чехол разрежен. На мористой границе литорали, на уровне чуть выше среднеквадратного отлива, валуны и глыбы образуют валунный пояс. На прямолинейных участках берега с неширокой осушкой он, как правило, отчетливо выражен, имеет асимметричный поперечный профиль (мористый склон более крутой, а бережной — более пологий), компактен, неширок, состоит из крупных валунов и глыб плотно «подогнанных» друг к другу. На других участках он широкий, пологий, образован валунами среднего размера; глыбы редки. В центре небольших открытых бухточек, валунный пояс может вовсе отсутствовать или распадаться на череду отдельно стоящих крупных камней. Особенности распределения осадков позволяют предположить, что в безледный период над осушкой, в основном в ее нижней трети, происходит волновое перемещение наносов (вероятно, не крупнее песка). Однако в условиях небольших глубин и блокировки валунным поясом, поток наносов, скорее всего, крайне маломощен. Воздействие ветрового волнения на осушку дополнительно уменьшают водорослевые заросли — «фукусовый пояс», приуроченный к

валунному поясу и играющий роль природного волнолома. Зимой над осушкой и валунным поясом формируется подвижный припай. Он испытывает приливные колебания — на отливе лед ложится на дно, а во время прилива приподнимается водой и находится на плаву (Чувардинский, 1985). Припай разбит трещинами на льдины, форма и размеры которых повторяют очертания рельефа. Над перегибами рельефа образуются серии параллельных берегу приливных трещин. В ходе приливных колебаний припай «захватывает» отложения осушки, а при разрушении льда весной и в глубокие оттепели (4–6 раз в теплые и 2–4 раза — в холодные зимы), как правило, выносит большую часть включений из береговой зоны. Единоновременные потери тонкого материала (в основном — алевриты и мелкие пески) оцениваются в 50–700 м³ (т.е. от 100 кг до 1,2 т) с 1 км берега в зависимости от ширины и строения осушки (Романенко и др., 2012). Вероятно, наиболее значительные потери наносов испытывает средняя часть литорали.

Суммарный объем, направление и дальность разноса льдом крупных обломков практически не изучены. Не до конца понятны механизмы захвата и транспортировки валунов по поперечному профилю берега. Для решения этих задач в 2009 г. на ББС МГУ авторами организованы три площадки стационарных наблюдений. Первая — у м. Крестовый, отличается наибольшими скоростями приливных течений, наклонной осушкой шириной 8–40 м и приглубым подводным береговым склоном. Две другие площадки находятся в районе урочища Черные Щели, на участках с меньшими скоростями течений: в небольшой открытой бухте, где на осушке шириной 20–26 м за счет выступа коренных пород образовался выдающийся в море гребень, и на прямолинейном участке берега с шириной литорали 15–20 м. Методика наблюдений основана на ежегодном определении положения валунов и глыб относительно неподвижных реперов и восстановлении индивидуальных траекторий и механизмов перемещения обломков (Репкина, Шевченко, Косевич, 2011, 2012).

За 2009–2012 гг. получены данные о «жизни» 180 обломков объемом от 0,01 до 11,6 м³. Их масса, рассчитанная исходя из линейных размеров и плотности пород — 0,02–31,3 т, а диаметр (условный, так как обломки обычно имеют непра-

вильную форму) — 0,2–3,0 м. Результаты работ позволили наметить ряд закономерностей.

Наиболее активны обломки массой 0,05–0,5 т (диаметром 0,2–0,8 м). Чуть менее подвижны глыбы массой 1–5 т (диаметром 0,8–1,6 м). Обломки весом 0,5–1 т смещались редко, а крупные глыбы массой более 5 т оставались на месте.

Траектории движения валунов индивидуальны, но ориентированы, в основном, вниз по литорали и в направлении отливного течения. В течение трех зим 46% размеченных обломков не поменяли своего положения, 38% — смещались за сезон на 0,2–0,5 м, и лишь 16% — на 1,5–30 м.

Восстанавливаются три механизма транспортировки обломков льдом: 1) чаще всего камни (как небольшие, так и весом до 5 т), полностью или частично вмороженные в лед, передвигаются, не касаясь поверхности осушки, «перескакивая» через расположенные рядом обломки. Как правило, при этом камни не переворачиваются; 2) у мористого края валунного пояса глыбы массой 3,5 и 3,7 т переместились к морю на 2,5 и 6 м соответственно, перекатываясь с грани на грань. Они вмораживаются в лед только своими вершинами. Весной, отрываясь по приливным трещинам, льдины тянут за собой верхушки глыб, поворачивая их; 3) вблизи перегибов в рельефе верхней части осушки небольшие валуны (0,03–0,3 т) группируются в полосы, повторяющие очертания рельефа и положение приливных трещин. Они смещаются на 0,2–0,5 м в разные стороны, что, скорее всего, связано с колебательными движениями краев льдин, опускающихся в отлив на осушку.

«Активность» обломков минимальна в зоне супралиторали и пляжа, где камни полностью облекает лед неподвижного припая, и существенно возрастает на осушке. При этом в ее верхней части льдины подвижного припая, смещаясь во время приливов и отливов, могут волочить мелкие обломки, а у мористой границы валунного пояса — поворачивать глыбы. При разрушении припая включенные в лед валуны выносятся отливным течением от берега и на восток-северо-восток.

Вдоль контура берега активность смещения обломков возрастает, как и в куте Кандалакшского залива (Чувардинский, 1985), на участке с наибольшими скоростями приливных течений. Здесь же, у м. Крестовый, максимальна и доля камней, вынесенных за пределы площадки. Около урочища Чер-

ные Щели, в условиях расчлененного рельефа, движения обломков более разнообразны, а их «активность» год от года практически не менялась. На мористый край гребня лед ежегодно приносил новые валуны, тем самым, наращивая его. Вероятно, так формируются и другие поперечные берегу валунные гряды, обычные в западном Беломорье. В урочище Черные Щели зимами 2009/2010 и 2010/2011 гг. камни оставались неподвижными. Однако зимой 2011/2012 гг. под действием штормового нагона с литорали и пляжа было одновременно вынесено 15% от размеченных обломков, в основном глыбы весом 1–2 т. Столь яркая реакция берега, возможно, связана с совпадением направлений отливного течения и обратного прибойного потока, отразившегося от практически отвесного скалистого уступа.

В целом на площадках наблюдения суммарная масса принесенных за 2009–2012 гг. валунов составила около 1,5 т, а вынесенных — 15,5 т. При этом около 11 т камней было вынесено зимой 2011/2012 гг., вероятно, во время весеннего нагона. Лед приносит относительно небольшие (от 20 до 500 кг), а выносит более крупные (от 100 кг до 5 т) обломки.

Таким образом, воздействие припайных льдов приводит к преимущественному выносу материала из береговой зоны, достигающему максимума в зоне приливных колебаний, тогда как волновое перемещение наносов интенсивнее в зоне пляжа. По предварительным оценкам масса выносимых льдом крупных обломков существенно превышает массу алевритов и песков, а зимние (ледовые) потоки вещества заметно интенсивнее летних (волновых).

СПИСОК УЧАСТНИКОВ КОНФЕРЕНЦИИ

Абрамочкин Денис Валерьевич, мл. науч. сотр. кафедры физиологии человека и животных Биологического факультета МГУ Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. физиологии человека и животных.

E-mail: abram340@mail.ru

Алескерова Лейла Эльшадовна, аспирант кафедры физиологии человека и животных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. физиологии человека и животных.

E-mail: leyla.07_86@mail.ru

Альбертовский Сергей Анатольевич, зам. директора по охране Государственного заповедника «Джугджурский».

Адрес: 682470, Хабаровский край, п. Аян.

E-mail: djugdjur@ngs.ru

Аляутдинов Али Раисович, науч. сотр. кафедры картографии и геоинформатики Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет.

E-mail: alik@geogr.msu.ru

Анели Нина Борисовна, начальник бюро сервисного обслуживания, ФГУП ЭЗАН.

Адрес: 142432, г. Черноголовка, проспект Академика Семенова, д. 9, ФГУП ЭЗАН

E-mail: ezzy@mail.ru

Анисимова Ольга Викторовна, вед. науч. сотр., Звенигородской биологической станции Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, ЗБС МГУ.

E-mail: flora_oa@mail.ru

Ахманов Григорий Георгиевич, доцент кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова, Геологический факультет.

E-mail: akhmanov@geol.msu.ru

Баранская Алиса Владиславовна, аспирант факультета Географии и геоэкологии СПбГУ.

E-mail: alisa.barakskaya@yandex.ru

Бареева Лилия Фанилевна, студ. факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т.

E-mail: lile4ka72@yandex.ru

Белевич Татьяна Алексеевна, вед. науч. сотр., кафедры гидробиологии, Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. Гидробиологии.

E-mail: 3438083@list.ru

Белова Полина Андреевна, инж.-лаборант кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.

E-mail: belova@wsbs-msu.ru

Березной Юрий Иванович, директор Гос. заповедника «Магаданский».

Адрес: Магаданская область, 685 000, г. Магадан, ул. Кольцевая, 17.

E-mail: magadan_reserve@mail.ru

Биланенко Елена Николаевна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. кафедры микологии и альгологии Биологического ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. микологии и альгологии.

E-mail: e_bilanenko@mail.ru

Блинова Илона Владимировна, зав. лаб. Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН.

Адрес: 184200 г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, д. 14, ПАБСИ КНЦ РАН.

E-mail: ilbli@yahoo.com

Большаков Федор Васильевич, аспирант кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.

E-mail: fedbolsh@mail.ru

Будаева Наталья Евгеньевна, науч. сотр. Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

Адрес: 117997 г. Москва, Нахимовский просп., д. 36.

E-mail: nataliya.budaeva@gmail.com

Буруковский Рудольф Николаевич, зав. кафедрой ихтиопатологии и гидробиологии Калининградского государственного технического университета.

Адрес: 236022, г. Калининград, Советский проспект, 1.

E-mail: burukobvsky@klgtu.ru

Бурькин Юрий Борисович, старш. науч. сотр. Беломорской биологической станции Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.

E-mail: burykin.ub@gmail.com

Варенцов Михаил Иванович, студ. каф. метеорологии и климатологии Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Вахрамеева Татьяна Андреевна, вед. инженер МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: vakhrameevat @ yandex.ru

Ветров Александр Александрович, научн. сотр. Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.
Адрес: 117997 г. Москва, Нахимовский просп., д. 36.
E-mail: vetrov @ ocean.ru

Виноградова Анна Александровна, ведущ. науч. сотр. Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН.
E-mail: anvinograd @ yandex.ru

Воронов Дмитрий Анатольевич, ст. науч. сотр. Института проблем передачи информации им. А.А.Харкевича РАН.
Адрес: 119234 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, корп. «К», кв. 131.
E-mail: da_voronov @ yahoo.com

Ворцenneва Елена Владимировна, науч. сотр. Беломорской биологической станции Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.
E-mail: vortserneva @ mail.ru

Вязникова Вероника Сергеевна, мл. науч. сотр. Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича.
Адрес: 183038, Мурманск, ул. Книповича, 6.
E-mail: fenix @ ringo.ru

Гаврило Мария Владиславовна, зам. директора по науке национального парка «Русская Арктика».
Адрес: 163061, г. Архангельск, пр. Советских Космонавтов, д. 57.
E-mail: m_gavrilo @ mail.ru

Гайнанов Валерий Гарифьянович, проф. кафедры палеонтологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова, Геологический факультет.
E-mail: gainan @ yandex.ru

Георгиев Антон Александрович, канд. биол. наук, науч. сотр. кафедры микологии и альгологии Биологического ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. микологии и альгологии.
E-mail: semga2001 @ yandex.ru

Георгиева Марина Леонидовна, науч. сотр. Института по изысканию новых антибиотиков им. Г.Ф. Гаузе РАМН.
Адрес: 119021, Москва, ул. Большая Пироговская, дом 11.
E-mail: i-marina @ yandex.ru

Глаголева Надежда Сергеевна, науч. сотр. Биологического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т.
E-mail: nadezzda33 @ gmail.com

Голубева Татьяна Борисовна, вед. науч. сотр. кафедры зоологии позвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии позвоночных.
E-mail: tbgolubeva @ list.ru

Горелова Анастасия Алексеевна, студ. кафедры физиологии человека и животных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. физиологии человека и животных.
E-mail: gorelova.anastasya @ gmail.com

Горшкова Ольга Михайловна, научн. сотр. Географический факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова, Географический факультет.
E-mail: gorshk @ yandex.ru

Григорян Рафаэль Каренович, студ. Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, БС МГУ.
E-mail: kriattiffer @ gmail.com

Грум-Гржимайло Ольга Алексеевна, вед. инж. Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, БС МГУ.
E-mail: olgrgr @ wsbs-msu.ru

Губанова Яна Евгеньевна, ассистент Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ им. М.В.Ломоносова, Геологический факультет.
E-mail: yana.msu @ gmail.com

Гудимов Александр Владимирович, вед. научн. сотр. Мурманского морского биологического института КНЦ РАН.
Адрес: 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17.
E-mail: alexgud @ mail.ru

Деятков Александр Андреевич, студ. кафедры физиологии человека и животных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. физиологии человека и животных.
E-mail: Sasha.92.jan @ mail.ru

Дементьев Виталий Сергеевич, студ. кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.
E-mail: demvitaly @ mail.ru

Демиденко Николай Александрович, ст. науч. сотр. Государственного океанографического института им. Н.Н.Зубова.
Адрес: 119034, Москва, Кропоткинский пер., д.6
E-mail: demidenko_nikola @ mail.ru

Днестровская Наталия Юрьевна, ст. научн. сотр. каф. гидробиологии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. гидробиологии.
E-mail: ndnestro @ mail.ru

Екимова Ирина Александровна, студ. кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.
E-mail: ekira @ yandex.ru

Ересковский Александр Вадимович, науч. сотр. Средиземноморского института морской экологии и биоразнообразия [Mediterranean Institute of Biodiversity and Ecology marine and continental (IMBE)].
Адрес: UMR 7263, CNRS, Aix-Marseille University Marseille, France.
E-mail: alexander.ereskovsky @ imbe.fr

Жадап Анна Эльмировна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, ББС МГУ.
E-mail: azhadan @ wsbs-msu.ru

Житина Людмила Сергеевна, ст. научн. сотр. каф. гидробиологии, Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. Гидробиологии.
E-mail: lgitina @ mail.ru

Зайчикова Алиса Алексеевна, учащаяся гимназии № 56 г. Москвы.
E-mail: zaichikova_alisa @ mail.ru

Зарецкая Наталия Евгеньевна, ст. научн. сотр. Геологического института РАН.
Адрес: 119017, Москва, Пыжевский пер., 7.
E-mail: n_zaretskaya @ inbox.ru

Зеленая Светлана Михайловна, студ. Международного университета природы, общества и человека «Дубна».
E-mail: zeleneka @ mail.ru

Иванов Евгений Сергеевич, студ. Калининградского государственного технического университета.
Адрес: 236022, г. Калининград, Советский проспект, 1.
E-mail: burukovsky @ klgtu.ru

Иванов Михаил Валерьевич, ст. преп. кафедры ихтиологии и гидробиологии Биолого-почвенного факультета СПб ГУ
Адрес: 199034 г. Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9, СПб ГУ, Биолого-почвенный факультет, каф. ихтиологии и гидробиологии.
E-mail: ivmisha @ gmail.com

Иванова Анна Евгеньевна, науч. сотр. Факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, ф-т Почвоведения.
E-mail: a-ivanova @ rambler.ru

Извекова Эвелина Ивановна, ст. науч. сотр. кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.
E-mail: izvekova @ mail.ru

Ильяш Людмила Васильевна, проф. каф. гидробиологии, Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. Гидробиологии.
E-mail: llyashl @ mail.ru

Михайлова Ирина Александровна, проф. кафедры палеонтологии Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, Геологический ф-т.
E-mail: SKh77 @ yandex.ru

Исаченко Артем Игоревич, вед. инж. Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, ББС МГУ.
E-mail: isachenko @ wsbs-msu.ru

Исмаилов Анвар Джураевич, вед. науч. сотр. МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: anvaris @ list.ru

Калина Анатолий Анатольевич, директор национального парка «Куршская коса».
Адрес: 238535, Россия, Калининградская область, Зеленоградский р-н, пос.Рыбачий, ул.Лесная, 7.
E-mail: anatoly39rus @ gmail.com

Калякин Михаил Владимирович, д-р биол. наук, директор Зоологического музея МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 125009 г. Москва, ул. Большая Никитская, д. 6, Зоологический музей МГУ.
E-mail: kalyakin @ rambler.ru

Каспарсон Анна Андреевна, аспирант кафедры общей экологии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. общей экологии.

E-mail: annakasparsen @ gmail.com

Кожара Василий Владимирович, аспирант кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.

E-mail: otc88 @ bk.ru

Кокрятская Наталья Михайловна, ст. науч. сотр. Института экологических проблем Севера УрО РАН.

Адрес: Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23.

E-mail: nkokr @ yandex.ru

Колбасов Григорий Александрович, вед. науч. сотр. Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, ББС МГУ.

E-mail: gakolbasov @ gmail.com

Колбасова Глафира Дмитриевна, аспирант кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.

E-mail: utricularia57 @ yandex.ru

Колосова Елена Гавриловна, науч. сотр. кафедры гидробиологии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. гидробиологии.

E-mail: kolosova.lena19 @ yandex.ru

Константинов Павел Игоревич, канд. геогр. наук, ст. преп. каф. метеорологии и климатологии Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: kostadini @ mail.ru

Королева Елена Григорьевна, ст. науч. сотр. Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, Географический факультет.

E-mail: koroleva @ cs.msu.ru

Колотилова Наталья Николаевна, доцент, кафедра микробиологии биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова,

E-mail: kolotilovan @ mail.ru

Колька Василий Васильевич, зав. лабораторией, Геологический институт КНЦ РАН.

E-mail: kolka @ geoksc.apatity.ru

Королева Елена Григорьевна, ст. научн. сотрудник Географического факультета МГУ им. Ломоносова.

E-mail: koroleva @ cs.msu.ru

Коршунова Татьяна Алексеевна, ст. науч. сотр. Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН.

Адрес: 117485, Москва, ул. Бутлерова, д. 5А.

E-mail: t.a_korshunova @ mail.ru

Корякин Александр Сергеевич, канд. биол. наук, зам. директора по науч. работе Кандалакшского гос. природного заповедника.

Адрес: 184042 Мурманская обл., г. Кандалакша, ул. Линейная, д. 35.

E-mail: ask_kand_reserve @ com.mels.ru

Косевич Игорь Арнольдович, канд. биол. наук, зав. лабораторией биологии развития животных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.

E-mail: ikos @ mail.ru

Косевич Наталья Игоревна, аспирант Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет.

E-mail: nkosevich @ gmail.com

Кособокова Ксения Николаевна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаборатории планктона Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

Адрес: 117997 г. Москва, Нахимовский просп., д. 36.

E-mail: xkosobokova @ mail.ru

Кошель Сергей Михайлович, вед. науч. сотр. кафедры картографии и геоинформатики Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, Географический факультет.

E-mail: skoshel @ mail.ru

Краснова Елена Дмитриевна, канд. биол. наук, науч. сотр. Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119234 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, корп. «К», кв. 131.

E-mail: e_d_krasnova @ pochta.ru

Краснушкин Анатолий Всеволодович, вед. науч. сотр. Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет.

E-mail: gorshk @ yandex.ru

Кремнев Станислав Валерьевич, науч. сотр. Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т.

E-mail: s.kremnyov @ gmail.com

Кудрявцева Василиса Александровна, аспирант кафедры гидробиологии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. гидробиологии.

E-mail: white-out @ yandex.ru

Куканова Е.А., студ. каф. метеорологии и климатологии Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Кукина Софья Евгеньевна, науч. сотр. Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

Адрес: 117997 г. Москва, Нахимовский проспект, д. 36, ИО РАН.

E-mail: skoukina @ gmail.com

Лавров Андрей Игоревич, аспирант кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.

E-mail: gonoduct @ gmail.com

Ланцман Яков Львович, учащийся школы №179 г. Москвы.

E-mail: jalantsman @ yandex.ru

Лисинин Александр Петрович, зав. лаб., Института океанологии им. П.П. Ширшова, Москва РАН.

Адрес: 117997 г. Москва, Нахимовский проспект, д. 36, ИО РАН.

E-mail: lisitzin @ ocean.ru

Ловат Максим Львович, ст. преп. кафедры физиологии человека и животных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. физиологии человека и животных.

E-mail: Lovat @ mail.ru

Лосюк Галина Николаевна, мл. науч. сотр. Института экологических проблем Севера УрО РАН.

Адрес: Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23.

E-mail: nkokr @ yandex.ru

Лунина Ольга Николаевна, науч. сотр. лаборатории микробиологии и биогеохимии водоемов, Института микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН.

E-mail: onlun @ yandex.ru

Люшвин Петр Владимирович, канд. геогр. наук, науч. сотр. Всероссийского института рыбного хозяйства и океанографии.

Адрес: 115162 г. Москва, ул. Павла Андреева, д.28, к.4, кв.267.

E-mail: lushvin @ mail.ru

Мажуль Михаил Михайлович, ст. науч. сотр. МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: mazhmi @ mail.ru

Майорова Татьяна Дмитриевна, аспирант кафедры эмбриологии МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. эмбриологии

E-mail: mayorova @ wsbs-msu.ru

Макаров Антон Владимирович, канд. биол. наук, вед. инженер Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, ББС МГУ.

E-mail: amakarov3 @ gmail.com

Макаров Валерий Иванович, ст. науч. сотр. Института химической кинетики и горения СО РАН.

Адрес: 630090, Новосибирск, Институтская д. 3.

E-mail: makarov @ kinetics.nsc.ru

Максимова Ольга Викторовна, ст. науч. сотр. лаборатории экологии прибрежных донных сообществ Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

Адрес: 117997 г. Москва, Нахимовский проспект, д. 36, ИО РАН.

E-mail: ovmaximova @ mail.ru

Малицкий Сергей Владиславович, науч. сотр. МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: wsnb @ yandex.ru

Малышев Антон Викторович, аспирант кафедры физиологии человека и животных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. физиологии человека и животных.

E-mail: malyshev89 @ gmail.com

Манушин Игорь Евгеньевич, науч. сотр. Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича.

Адрес: 183038, Мурманск, ул. Книповича, 6.

E-mail: manushin @ pingro.ru

Мардашова Мария Валерьевна, аспирант кафедры биофизики Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. биофизики.

E-mail: buccinum @ mail.ru

Мартынов Александр Владимирович, канд. биол. наук, науч. сотр. Зоологического музея МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 125009 г. Москва, Большая Никитская ул., д. 6.

E-mail: martynov.zmmu @ gmail.com

Марфенин Николай Николаевич, д-р биол. наук, проф. кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.

E-mail: marf47 @ mail.ru

Марфенина Ольга Евгеньевна, д-р биол. наук, проф. кафедры почв Факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: marfenina @ mail.ru

Мельник Катерина Олеговна, студ. каф. метеорологии и климатологии
Географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова.

Милюткина Ирина Алексеевна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Института физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского
E-mail: iramilyutina @ yandex.ru

Митяев Максим Валентинович, канд. геол.-минер. наук, ст. науч. сотр. лаб. альгологии Мурманского морского биологического института КНЦ РАН.
Адрес: Мурманск, 183010, Владимирская, 17 ММБИ.
E-mail: mityaev @ mmbi.info

Михалина Элеонора Анатольевна, студ. каф. физиологии человека и животных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: Elli2011 @ yandex.ru

Мокиевский Вадим Олегович, д-р биол. наук, ст. науч. сотр. Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.
E-mail: vadim @ ocean.ru

Мухортова Анастасия Валерьевна, учащаяся гимназии №56.
E-mail: polydora @ Rambler.ru

Мюге Николай Сергеевич, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Института биологии развития РАН им. Н.К.Кольцова.
E-mail: muge @ mail.ru

Надежкин Дмитрий Владимирович, канд. геол.-минер. наук, ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг».
E-mail: dvnadezhkin @ gmail.com

Неретина Татьяна Владимировна, инж. первой категории Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: nertata @ wsbs-msu.ru

Никитина Мария Павловна, инж. Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.
E-mail: mashaants @ mail.ru

Никишин Денис Александрович, мл. науч. сотр. Института биологии развития им. Н.К. Кольцова.
E-mail: denisnikishin @ gmail.com

Никишина Дарья Владимировна, магистрант биолого-почвенного факультета СПбГУ.
E-mail: krapiiiva @ mail.ru

Николаева Наталия Геннадиевна, ассист. Русского общества сохранения и изучения птиц.
E-mail: n_nikolaeva @ neehon.com

Новигатский Александр Николаевич, ст. науч. сотр. Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.
E-mail: novigatsky @ ocean.ru

Огиенко Анастасия Дмитриевна, ученица СОШ 179 МИОО.
E-mail: nery-nery @ list.ru

Осадченко Борис Викторович, студ. каф. зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: weaselman @ mail.ru

Павлов Александр Евгеньевич, руководитель группы в Алкор Био.
E-mail: apavlov @ alkorbio.ru

Пантелеева Нинель Николаевна, науч. сотр. Лаб. зообентоса в Мурманском морском биологическом институте КНЦ РАН.
Адрес: 183010 г. Мурманск, ул. Владимирская, д. 17.
E-mail: science @ mmbi.info, ninel_panteleeva @ mail.ru

Пантюлин Анатолий Николаевич, канд. геогр. наук, доц. Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: apantiulin @ newmail.ru

Пацаева Светлана Викторовна, канд. физ.-мат. наук, ст. преп. Физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
E-mail: spatsaeva @ mail.ru

Переладов Михаил Владимирович, канд. биол. наук, зав. лабораторией прибрежных исследований Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии.
E-mail: pereladov @ vniro.ru

Перцова Наталья Михайловна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.
E-mail: xkosobokova @ mail.ru

Петрунина Александра Сергеевна, канд. биол. наук, мл. науч. сотр. кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.
E-mail: as.savchenko1 @ gmail.com

Плюшева Мария Викторовна, канд. биол. наук, postDoc в CRG
E-mail: plyuscheva @ gmail.com

Полищук Леонард Владимирович, д-р биол. наук, проф. кафедры общей экологии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: leonard_polishchuk @ hotmail.com

Полоскин Алексей Валерьевич, методист ГБОУ ЦО Санкт-Петербургского городского Дворца творчества юных.
E-mail: av @ hydrola.ru

Поплавская Людмила Георгиевна, зам. директора ФГБУ «Национальный парк «Куршская коса»».
E-mail: poplavskaya.L.79 @ mail.ru

Попова Светлана Анатольевна, мл. науч. сотр. Института химической кинетики и горения СО РАН.
E-mail: popova @ kinetics.nsc.ru

Поромов Артем Андреевич, аспирант кафедры общей экологии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: aap1309 @ gmail.com

Прокопчук Ирина Павловна, науч. сотр. Лаб. трофологии Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича.
Адрес: 183763 г. Мурманск, ул. Книповича, д. 6, ПИНРО.
E-mail: irene_pr @ pinro.ru

Прудковский Андрей Андреевич, канд. биол. наук, науч. сотр. кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.
E-mail: aprudkovsky @ wsbs-msu.ru

Пятаева Софья Владимировна, канд. биол. наук, науч. сотр. кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, каф. зоологии беспозвоночных.
E-mail: biosonya @ gmail.com

Радченко Ирина Георгиевна, канд. биол. наук, доцент кафедры гидробиологии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: iraradchenko @ yandex.ru

Репина Ирина Анатольевна, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. лаборатории взаимодействия атмосферы и океана Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН.
E-mail: repina @ ifaran.ru

Репкина Татьяна Юрьевна, канд. геогр. наук, ст. науч. сотр. Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: t-repkina @ yandex.ru

Романенко Федор Александрович, канд. геогр. наук, вед. науч. сотр. Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: faromanenko @ mail.ru

Росляков Александр Геннадьевич, науч. сотр. Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: arosl @ rambler.ru

Ростовцева Е.Л., канд. биол. наук, ст. науч. сотр. МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: wsnb @ yandex.ru

Рыбаков Юрий Николаевич, специалист, председатель правления КРОО «Бассейновый Совет», Чупа.
E-mail: basinCouncil @ mail.ru

Рыбалко Александр Евменьевич, д-р геол.-минер. наук, гл. науч. сотр. ОАО «Севморгео».
E-mail: rybalko @ sevmorgeo.com

Саввичев Александр Сергеевич, д-р биол. наук, ст. науч. сотр. Института микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН.

E-mail: savvichev @ mail.ru

Сандов Даниял Магомедович, студ. Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
E-mail: bibozik @ gmail.com

Самсонов Тимофей Евгеньевич, канд. геогр. наук, ст. науч. сотр. кафедры картографии и геоинформатики Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: tsamsonov @ geogr.msu.ru

Симакова Ульяна Вадимовна, канд. биол. наук, науч. сотр. Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН
E-mail: yankazeisig @ gmail.com

Сказина Мария Александровна, студ. кафедры зоологии беспозвоночных Биолого-почвенного факультета СПб ГУ.
E-mail: artacama @ gmail.com

Смирнова Юлия Дмитриевна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Карадагского природного заповедника НАН Украины.
E-mail: julia.karadag @ gmail.com

Смуров Андрей Валерьевич, д-р биол. наук, проф. кафедры общей экологии МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: smr49 @ mail.ru

Спиридонов Василий Альбертович, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, координатор проектов по сохранению морского и берегового биологического разнообразия во Всемирном фонде природы.
Адрес: 109240 г. Москва, ул. Никольямская, д. 19, стр. 3.
E-mail: valbertych @ mail.ru

Старовойтов А.В., доцент МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: starovoytov_msu @ mail.ru

Стародымова Дина Петровна, аспирант Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.
E-mail: d.smokie @ gmail.com

Степаненко Владимир Михайлович, канд. физ.-мат. наук, преп. каф. метеорологии и климатологии Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.
E-mail: stepanen @ srss.msu.ru

Столбовая Анастасия Юрьевна, магистрант СПб ГУ.
E-mail: nastasia1235 @ mail.ru

Стрелков Петр Петрович, канд. биол. наук, доцент кафедры ихтиологии и гидробиологии СПб ГУ.
E-mail: p_strelkov @ yahoo.com

Тамберг Юта Юрьевна, магистр, аспирант СПб ГУ.
E-mail: yutamberg @ gmail.com

Тарнопольский Дмитрий Владимирович, инж. кафедры картографии и геоинформатики Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: dmitry.tarnopolsky @ gmail.com

Темерева Елена Николаевна, д-р биол. наук, вед. науч. сотр. МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: temereva @ mail.ru

Терлова Елизавета Федоровна, студ. кафедры альгологии и микологии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: e.terlova @ gmail.com

Титова Ксения Владимировна, мл. науч. сотр. Института экологических проблем Севера УрО РАН

E-mail: Ksyu_sev @ mail.ru

Тодоренко Дарья Алексеевна, аспирант Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: dariatodor @ mail.ru

Токарев Михаил Юрьевич, ст. преп. кафедры сейсмометрии и геоакустики Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: tokarev @ eage.ru

Толстоконова Елена Николаевна, канд. биол. наук, начальник морской коррозионной станции, ст. науч. сотр. группы перспективных технологий Института химии ДВО РАН.

E-mail: elniik @ gmail.com

Утехина Ирина Геннадьевна, канд. биол. наук, зам. директора по науке ФГБУ "Государственный заповедник «Магаданский».

E-mail: steller @ magterra.ru

Федоренко Виктория Николаевна, аспирант МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: kusenochka @ mail.ru

Филиппов Александр Сергеевич, науч. сотр. Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

E-mail: afeclippov @ gmail.com

Хайтов Вадим Михайлович, канд. биол. наук, докторант кафедры зоологии беспозвоночных Биолого-почвенного факультета СПбГУ.

E-mail: polydora @ rambler.ru

Хамхоева Тамара Аслангереевна, учащаяся СОШ 179 МИОО

E-mail: rassilon @ mail.ru

Харитонов Сергей Юрьевич, инж. Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: SKh77 @ yandex.ru

Харчева Анастасия Витальевна, студ. Физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: harcheva.anastasiya @ physics.msu.ru

Хунджуа Дарья Александровна, Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: dasha.ok @ list.ru

Цетлин Александр Борисович, д-р биол. наук, директор Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Адрес: 119992 г. Москва, Ленинские горы, МГУ, д. 1, корп. 12, Биологический ф-т, ББС МГУ.

E-mail: atzetlin @ mail.ru

Черногузов Константин Александрович, учащийся СОШ 179 МИОО

E-mail: kostyabio @ mail.ru

Шапошникова Татьяна Григорьевна, канд. биол. наук, доцент СПбГУ.

E-mail: matrix.evo @ gmail.com

Шевченко Владимир Петрович, канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотр. Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

E-mail: vshevch @ ocean.ru

Шевченко Наталья Владимировна, канд. геогр. наук, ст. науч. сотр. Кафедры геоморфологии и палеогеографии Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: snatti @ yandex.ru

Шматков Алексей Алексеевич, аспирант Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: shmatkovalex @ gmail.com

Шунатова Наталья Николаевна, канд. биол. наук, ст. преп. кафедры зоологии беспозвоночных СПбГУ.

E-mail: natalia.shunatova @ gmail.com

Щербакова Татьяна Дмитриевна, аспирант кафедры зоологии беспозвоночных МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: tatiana.shche @ gmail.com

Юдаков Александр Алексеевич, д-р тех. наук, зав. инженерно-технологическим центром, зам. директора по науке и инновациям Института химии ДВО РАН.

E-mail: etcih @ mail.ru

Южаков Виктор Илларионович, канд. физ.-мат. наук, доц. Физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: spatsaeva @ mail.ru

Юрченко Анна Юрьевна, аспирант Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

E-mail: annette1988 @ inbox.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

А. Б. Цетлин. Беломорской биостанции МГУ имени	1
Н. А. Перцова — 75 лет	3
Программа конференции	8
Тезисы докладов	8
<i>N. Yu Dnestrovskaya.</i> The new species character of Nephtyidae (Polychaeta), taxonomic significance of morphological characters	8
<i>A. V. Ereskovsky, I. E. Borisenko.</i> Morphogenetic processes in sponges during a regeneration	12
<i>A. V. Ereskovsky.</i> Presentation of the Mediterranean Institute of Marine and Terrestrial Biodiversity and Ecology (IMBE)	14
<i>A. A. Kasparson, L. V. Polishchuk.</i> Assessing top-down and bottom-up effects for <i>Bosmina</i> population	16
<i>S. E. Koukina, A. A. Vetrov.</i> Metal forms in sediments from separating basins of the Karelian shore (Kandalaksha bay, White Sea, Russian Arctic).	18
<i>M. Phylusheva, A. Goñi, V. Saprunova and F. Kondrashov.</i> Bioluminescence and fluorescence in scale-worms (Polychaeta, Polynoidae)	22
<i>N. B. Aneli, V. B. Saprunova, M. V. Phylusheva.</i> Ultrastructure and morphology of the bioluminescent system in “bioluminescent” and “non-bioluminescent” scale-worms (Polychaeta, Polynoidae).	23
<i>Д. В. Абрамочкин, Н. В. Теннова, В. С. Кузьмин, Г. С. Сухова.</i> Исследование биоэлектрической активности сердца пескожила <i>Arenicola marina</i>	27
<i>А. Р. Аляутдинов, С. М. Кошель, Т. Е. Самсонов, Д. В. Тарнопольский.</i> Топографо-геодезическая практика на ББС им. Н. А. Перцова	29
<i>О. В. Анисимова, Е. Ф. Терлова.</i> Конъюгаты (Charophyta, Zygnematorphyceae) пресных водоемов Беломорской биологической станции МГУ	32
<i>Т. А. Белевич, Л. В. Ильяш, Л. С. Житина.</i> Динамика обилия пикофитопланктона в проливе Великая салма в течение приливного цикла	35

<i>П. А. Белова.</i> Топографическая анатомия <i>Ophelia limacina</i> (Rathke 1843) (Opheliidae, Polychaeta) на основе использования метода микротомографии (μСТ)	39
<i>Р. Н. Буруковский, Е. С. Иванов.</i> Об особенностях биологии размножения креветки <i>Crangon crangon</i> (L. 1758) из юго-восточной Балтики и губы Ругозерской Белого моря	44
<i>Ю. Б. Бурыкин.</i> Неметазойная основа функционирования колониальной распределительной системы у гидроидов	48
<i>Ю. К. Васильчук, А. П. Лисицын, Н. А. Буданцева, Е. Д. Краснова, А. Н. Пантюлин, А. С. Филиппов, Ю. Н. Чижова, В. П. Шевченко.</i> Изотопия кислорода и водорода воды и снежно-ледяного покрова отделяющихся водоемов на разных стадиях изоляции от Белого моря в окрестностях ББС МГУ	53
<i>Е. В. Ворцелнева, Н. Е. Будаева.</i> Смена челюстного аппарата в онтогенезе <i>Mooreonuphis stigmatis</i> (Onuphidae, Polychaeta)	56
<i>В. С. Вязникова.</i> Многолетняя динамика индекса плотности двух видов полихет Мотовского залива Баренцева моря	60
<i>Т. Б. Голубева.</i> Роль исследования развития слуха у полувыводковых для понимания раннего онтогенеза поведения птиц	63
<i>А. А. Горелова, Э. А. Михалина, М. Л. Ловать.</i> Влияние осмотичности воды на поведенческие параметры морской и пресноводной морф колюшки трехиглой (<i>Gasterosteus aculeatus</i>)	68
<i>О. М. Горикова, А. В. Краснушкин, С. В. Пацаева, А. В. Харчева, Д. А. Хунджуа, В. И. Южаков.</i> Флуоресценция растворенного органического вещества отделяющихся водоемов Кандалакшского залива	72
<i>Р. К. Григорян, А. А. Девятов, А. В. Малышев, К. В. Шуныкина, М. В. Плющева.</i> Изучение холинергической регуляции люминесценции у полихеты <i>Harmothoe imbricata</i>	77
<i>О. А. Грум-Гржимайло, Е. Н. Биланенко.</i> Микромицеты оз. Кисло-сладкое — отделяющегося водоема Белого моря	79
<i>В. С. Дементьев.</i> Биолюминесценция как маркер физиологического состояния некоторых беломорских гидроидов	80
<i>Н. А. Демиденко.</i> Природные и искусственные морские бассейны севера Европейской части России на разных этапах изоляции	85

И.А. Екимова, Д.М. Щепетов, Т.А. Кориунова, Т.В. Неретина, А.В. Мартынов. Морфологические, онтогенетические и молекулярные основы систематики голожаберных моллюсков рода <i>Dendronotus</i> морей России	90
А.Э. Жадан, Е.В. Ворцепнева, А.Б. Цетлин. Строение мышечной системы <i>Cossura pygodactylata</i> Jones 1956 (Cossuridae, Polychaeta)	93
Н.Е. Зарецкая, Н.В. Шевченко, В.М. Хайтов. Результаты исследований местонахождений голоценовых моллюсков в районе Беломорской биологической станции МГУ	96
Э.И. Извекова, А.А. Львова, А.Ю. Синева. Беломорская биологическая станция МГУ как база для пресноводных исследований и полевых студенческих практик	101
Л.В. Ильяш, Т.А. Белевич, Л.С. Житина, Е.Г. Колосова, В.А. Кудрявцева. Первые сведения о биоте льдов водоемов, отделяющихся от Белого моря: состав, обилие, вертикальное распределение	104
А.И. Исаченко, Я.Е. Губанова, А.А. Шматков, М.Ю. Токарев, В.О. Мокиевский. Картографирование поселения двусторчатого моллюска <i>Arctica islandica</i> (L. 1767) в Кандакшском заливе (Белое море) — результаты междисциплинарных исследований	109
А.Д. Исмаилов, В.В. Куц, К.А. Аленина, Л.Э. Алескерова, Т.А. Вахрамеева, М.М. Мажуль. Светящиеся бактерии Белого моря	111
В.В. Кожара, Н.Н. Марфенин. Строение верхушки роста столона колониального гидроида <i>Gonothyræa loveni</i> (Allman 1859)	116
Н.Н. Колотилова. На далекой Виллафранке...	119
Н.М. Кокрятская, Е.Д. Краснова, К.В. Титова, Г.Н. Лосюк. Формирование сероводородного заражения отшнуровывающихся от моря озер (Кандакшский залив Белого моря)	123
В.В. Колька, О.П. Корсакова. Перемещение береговой линии и палеогеография Белого моря в позднеледниковье и голоцене	126
Е.Г. Королева, В.В. Лебедева, С.Н. Зеленая. Биологическое разнообразие сообществ беспозвоночных литорали Кандакшского залива Белого моря	131

А.С. Корякин. Кандакшский государственный природный заповедник: кадастровая информация по участкам, 2012 г.	133
И.А. Косевич. Усложнение организации побегов и переход от радиальной симметрии к билатеральной в колониях текатных гидроидов (Cnidaria, Hydroidomedusa, Lep-tomedusae)	139
И.А. Косевич, Ф.В. Большаков. Микроскопическое строение поверхности колониального гидроида <i>Clava mulicornis</i> (Forsskål 1775) (Hydrozoa, Anthomedusae)	141
Н.И. Косевич. Геоморфологическое строение островов Кандакшского залива Белого моря.	144
К.Н. Кособокова, Н.М. Перцова. Зоопланктон Белого моря и роль Беломорской биостанции МГУ в его изучении	149
Е.Д. Краснова, А.Н. Пантюлин, Д.Н. Маторин, Д.А. Тодоренко, Т.А. Белевич, И.А. Милютин, Д.А. Воронов. Природа красных слоев в водоемах, отделяющихся от Белого моря	151
Н.В. Кучерук, О.В. Максимова, У.В. Симакова. Прикрепленные, бентоплейстонные и карликовые экады <i>Fucus vesiculosus</i> L. (Fucales, Phaeophyceae) из Кандакшского залива Белого моря: морфологическое разнообразие и генетическое единство	157
А.И. Лавров, И.А. Косевич. Процесс реагрегации клеток у двух видов губок Белого моря	160
О.Н. Лунина, А.С. Савичев, И.И. Русанов, Н.В. Пименов, В.М. Горленко. Аноксигенные фототрофные бактерии озера Кисло-сладкое (Кандакшский залив Белого моря)	165
Т.Д. Майорова, И.А. Косевич. Распределение fmr-амидоположительного окрашивания у планулы и в колонии гидроида <i>Gonothyræa loveni</i> (Allman 1859)	168
А.В. Макаров. <i>Зостера морская</i> (<i>Zostera marina</i> L.) Белого моря на снимках из космоса	173
С.В. Малицкий, Е.П. Ростовцева, А.А. Георгиев, М.Л. Георгиева, И.В. Блинова. Исследование площадки для мониторинга толщины активного слоя в зоне спорадической вечной мерзлоты в дельте реки Майвальтайок (Кольский полуостров)	175
И.Е. Манушин. Насколько увеличение размеров тела влияет на выживание водных экотермных животных?	179

Н.Н. Марфенин, Ф.В. Богдашов. Мониторинг популяции балянусов <i>Semibalanus balanoides</i> на литорали вблизи БС МГУ методом фоторегистрации	182
Н.Н. Марфенин. Принципы сетевой организации — уроки	186
О.Е. Марфенина, А.Е. Иванова, Л.Ф. Бареева. Реакция группы целлюлозоразлагающих грибов на изменение хода суточных температур в почвах	192
М.В. Митяев, М.В. Герасимова. Динамика вод и взвеси в губе Чупа Карельского побережья Белого моря в зависимости от стадии приливоотливного цикла	196
В.О. Мокиевский, Н.Г. Николаева. Морские и прибрежные ООПТ: анализ тем научных исследований и предполагаемые задачи	201
Т.В. Неретина, Г.Д. Колбасова, Н.С. Мюге. Генетическая ревизия беспозвоночных Кандалакшского залива	203
М.П. Никитина. Сезонная динамика численности и жизненные циклы морских клещей литоральных фукоидов в окрестностях БС	207
Д.А. Никишин, С.В. Кремнев, Н.С. Глаголева. Роль щелевых контактов в пульсационном росте верхушки столона <i>Gonothyræa loveni</i>	212
Д.В. Никишина, Н.Н. Шунатова, М.В. Иванов. Макрозообентос зарослей <i>Laminaria saccharina</i> (<i>Saccharina lattissima</i>): влияние гидродинамического режима	216
А.Д. Озгенко, Т.А. Хамхоева, К.А. Черногубов, Я.Л. Ланцман, М.В. Калякин. Журавли на литорали	220
Б.В. Осадченко, И.А. Косевич. Сравнительный анализ организации нервной системы личинок стрекающих	225
Н.Н. Пантелеева. Гидроиды литорали Восточного Мурман (Баренцево море) и их сезонное развитие	227
А.Н. Пантюлин. Отделяющиеся водоемы Белого моря: особенности гидрологической эволюции	232
М.В. Переладов, Е.В. Войдаков, А.В. Лабутинов, С.И. Моисеев, Н.Б. Тальберг. Динамика численности камчатского краба на акватории российской части Варангер-фиорда Баренцева моря в 2001–2012 гг.	235

М.В. Переладов, Василий А. Спиридонов, С.Е. Аносов, А.А. Бобков, Т.А. Бритаев, Ю.В. Деарт, А.В. Лабутинов, У.В. Симанова, Виктор А. Спиридонов. Исследование лагун Линьялаппи и Сисьярви (Варангер-фьорд, юго-западная часть Баренцева моря): общая характеристика, донные сообщества и влияние на них интродуцированного камчатского краба (<i>Paralithodes camtschaticus</i>)	241
Н.М. Перцова. Гидробиологические исследования Беломорской биостанции МГУ в Бабьем море в 1950–60-е годы	246
А.С. Петрунина, Г.А. Колбасов. Микроскопические ракообразные Белого моря, или успехи отечественной нано-зоологии	247
А.А. Поромов, А.В. Смуров. Особенности заселенности морских звезд <i>Asterias rubens</i> L. копеподами <i>Scottomyszon gibberum</i> Scott в окрестностях Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова	251
А.А. Прудковский. Культивация и идентификация беломорских атекатных гидроидов (Cnidaria, Hydrozoa) из семейств Bougainvillidae, Rathkeidae, Pandeidae	254
А.А. Прудковский. Особенности распределения зоопланктона в районе БС МГУ: 1. Анализ временной серии. 2. Гидромедузы в отделяющихся водоемах	259
С.В. Пятаева. Личиночные черты в организации микроскопического гидроидного полипа <i>Protohydra leuckarti</i> (Hydrozoa, Cnidaria): свидетельство происхождения за счет прогенеза?	264
С.В. Пятаева. Новая находка интерстициальной медузы <i>Halammohydra</i> sp. (Cnidaria: Hydrozoa) в Белом море	266
Ф.А. Романенко, Т.Ю. Репкина, А.В. Баранская. Жизнь тектонического рельефа Керетского архипелага в голоцене	270
Д.М. Саидов. Влияние солей тяжелых металлов на раннее развитие двусторчатых моллюсков (Mollusca, Bivalvia)	275
М.А. Сказина, В.М. Хайтов. Прокладывая путь потомству: популяционная динамика поселения <i>Astarte borealis</i> в илистой губе Кандалакшского залива Белого моря	277
Ю.Д. Смирнова. Кинетика концентрации морских гетеротрофных бактерий в узкой прибрежной зоне Карадагского заповедника	279

В.А. Спиридонов. Проблемы организации морских научных исследований и экологического мониторинга в приморских особо охраняемых природных территориях (ООПТ)	283
Д.П. Стародымова, В.П. Шевченко, С.А. Попова, В.И. Маров. Сезонные особенности распределения сажевого углерода в атмосфере в окрестностях ББС МГУ	287
П.П. Стрелков. Затерянные миры морских озер: Могильное и другие	290
Ю.Ю. Тамберг, Н.Н. Шунатова. Пищевое поведение и адаптации к отсутствию течения у пресноводных мшанок <i>Cristatella mucedo</i>	293
Е.Н. Темерева. Карликовая форонида — <i>Phoronis ovalis</i> и проблема таксономии форонид (Lophotrochozoa: Phoronida)	298
В.Н. Федоренко, А.М. Семенов, Е.В. Семенова. Континуум эпифитных микроорганизмов и макроводорослей на примере экосистемы Белого моря	304
В.М. Хайтов, А.В. Мухортова, А.В. Полоскин, П.Ю. Сафонов. Многолетняя динамика структуры совместного поселения <i>Mytilus edulis</i> и <i>Mytilus trossulus</i> в вершине Кандалакшского залива Белого моря	308
В.М. Хайтов, А.А. Зайчикова, А.В. Полоскин, М.А. Сказина. Памятник природы — Долгая губа о. Большого Соловецкого: особенности бентосного населения (обзор работ Е.А. Нинбурга и его учеников)	311
В.М. Хайтов, П.Ю. Сафонов, М.А. Сказина. Распределение <i>Mytilus edulis</i> и <i>Mytilus trossulus</i> в вершине Кандалакшского залива Белого моря	316
Т.Г. Шапошникова, А.Ю. Столбовая, А.Е. Павлов. Морфологические и гистохимические особенности морулярных и тестальных клеток представителей трех семейств асцидий	320
В.П. Шевченко, А.П. Лисицын, Н.А. Буданцева, А.Ю. Бычков, Ю.К. Васильчук, А.А. Виноградова, Ю.А. Иванова, Н.В. Кучерук, О.В. Максимова, А.Н. Новигатский, О.С. Покровский, Д.П. Стародымова, А.С. Филиппов, Ю.Н. Чижова. Исследование воздушного переноса тяжелых металлов и изотопного состава снега в районе ББС МГУ (сз побережье Кандалакшского залива Белого моря)	322

Т.Д. Щербакова, М.М. Мардашова, О.С. Соколова, А.Б. Цетлин. Тонкое строение агглютинированных трубочек полихет	327
А.А. Юдаков, Е.Н. Толстоконова. Морская коррозионная станция Института химии ДВО РАН	329
А.Ю. Юрченко, Г.Г. Ахманов. Флюидоразгрузка и современные геологические процессы в центральном Баренцевом море: результаты 18-го рейса Плавучего Университета ЮНЕСКО — МГУ	333
П.И. Константинов, В.М. Степаненко, И.А. Репина, М.И. Варенцов, К.О. Мельник, Е.А. Куканова. Комплексные метеорологические исследования пограничного слоя атмосферы в прибрежной зоне белого моря в зимний период	335
Т.Ю. Репкина, Н.В. Шевченко, Н.И. Косевич. Неволновые факторы динамики берегов Кандалакшского залива (Белое море)	339
Список участников конференции	345

Главный редактор:
профессор А.Б. Цетлин

Отв. редактор:
канд. биол. наук Е.Д. Краснова,

Редакция:
канд. биол. наук Е.В. Ворцепнева,
д-р биол. наук Г.А. Колбасов,
канд. биол. наук Е.Н. Бубнова,
канд. биол. наук Д.А. Воронов,
канд. биол. наук С.В. Козловский,
П.А. Белова, А.И. Исаченко,
О.А. Грум-Гржимайло, Г.Д. Колбасова,
А.Н. Анисенко.

Материалы научной конференции «Морская биология, геология, океанология – междисциплинарные исследования на морских стационарах», посвященной 75-летию Беломорской биологической станции МГУ (Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 27 февраля — 1 марта 2013 г.): Тезисы докладов.

М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013.— 368 с.

При участии ИП Михайлова К.Г.

Отпечатано в ООО «Галлея-Принт»,
Москва, ул. 5-я Кабельная, 26
Подписано в печать 01.02.2013. Формат 60 x 90 1/16.
Бумага офсетная № 1. Гарнитура «Таймс».
Усл. печ. л. 13,0. Тираж 300 экз.