

УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
БИОЛОГИИ И ПОЧВОВЕДЕНИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

VIII НАУЧНАЯ СЕССИЯ  
МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

8 февраля 2007 г.

## ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Санкт-Петербург  
2007

Оргкомитет VIII сессии МБС СПбГУ от лица всех участников благодарит руководство и сотрудников Учебно-научного центра биологии и почвоведения Санкт-Петербургского государственного университета и Морской биостанции СПбГУ за помощь и поддержку при проведении исследовательских работ и самой сессии.

Представленные работы выполнены при финансовой поддержке ФЦП «Интеграция Высшей школы и Российской Академии наук», программы «Университеты России – Фундаментальные Исследования», Российского Фонда Фундаментальных Исследований.

Настоящий сборник тезисов докладов опубликован при финансовой поддержке биолого-почвенного факультета СПбГУ и Морской биологической станции СПбГУ.

VIII научная сессия МБС СПбГУ. Тезисы докладов. СПб., 2007. 96 с.

Редакторы: М. В. Католикова, А. И. Раилкин, И. А. Стогов.

Уважаемые друзья и коллеги!

Я рад поздравить Вас с тем замечательным фактом, что научные сессии Морской биологической станции нашего университета проводятся уже восьмой год подряд, то есть ежегодно! Как Вы знаете, первая сессия состоялась в 2000 г. на кафедре ихтиологии и гидробиологии. Ей предшествовала серьезная подготовительная работа, долгие дебаты и большие сомнения членов Оргкомитета: а получится ли? Я помню, как сам волновался перед ее началом: не было никакой ясности, сколько человек будет в ней участвовать, состоится ли вообще постерная сессия, получится ли научная дискуссия, сколько участников останется к концу сессии. Сейчас, конечно, все эти опасения и волнения могут показаться надуманными. Но так не казалось членам Оргкомитета, все было серьезнее, чем можно было бы думать об этом сейчас, спустя 7 лет. Я рад, что ядро Оргкомитета сохранилось до сих пор и остается дееспособным! Именно благодаря членам Оргкомитета, а также заведующим кафедрами, ежегодно удается подготавливать полноценный научный материал для наших сессий, организовывать и на достойном уровне их проводить, публиковать сборник тезисов и отдельный выпуск журнала «Вестник Санкт-Петербургского университета», целиком состоящий из статей участников сессии.

Очередная, уже 8-ая, научная сессия МБС проходит второй раз на кафедре ихтиологии и гидробиологии под председательством заведующего кафедрой, профессора Николая Владимировича Максимовича. Это значит, что мы с Вами начинаем второй виток поступательного движения по «морским» кафедрам. Я искренне верю в то, что сессии МБС, востребованные научным сообществом, будут продолжаться и год от года набирать научный вес и авторитет. По крайней мере, тенденции их развития весьма позитивны.

В работе нынешней сессии, состоявшейся 8 февраля 2007 г. и организованной сотрудниками кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ, приняли участие более 120 специалистов, представивших более 60 докладов от кафедр и лабораторий УНЦБиП, работающих по беломорской проблематике.

Большинство авторов настоящего сборника – универсанты, поэтому в заглавиях докладов Оргкомитет счел возможным указывать место работы только наших коллег из других организаций.

Председатель Оргкомитета, д.б.н. А. И. Раилкин.

## Содержание

### Ботаника

- Гимельбрант Д. Е.** Остеофильные лишайники на островах Керетского архипелага 7  
(Karelia Keretina)
- Смирнова С. В., Нестерович А. С., Балашова Н. Б., Козыренко Т. Ф.** О флоре 8  
водорослей о. Средний (Керетский архипелаг, Белое море)

### Генетика

- Магомедова З. М., Барабанова Л. В., Дукаревич М. М.** Изучение кариотипа 9  
равноногих раков группы *Jaera albifrons* Белого моря
- Чунаев А. С., Нецепляева И. С., Смагина Д. С., Абдурахманова Ш. О.** Изменчивость 10  
*Littorina obtusata* и *Fucus vesiculosus* на литорали о. Средний губы Чупа Белого моря

### Гидробиология, Ихтиология

- Вишнякова И. И., Абрамова Е. Н.** Структурно-функциональные характеристики 11  
зоопланктона полигональных водоёмов южной части дельты р. Лена
- Гагарина Н. Г., Раилкин А. И., Чикадзе С. З., Лиевина Т. Б.** Проявление 13  
биологических особенностей беломорских беспозвоночных, асцидий и водорослей  
при их длительном содержании в аквариальных условиях
- Герасимова А. В., Максимович Н. В., Филиппова Н. А., Кузнецова Е. К.** 15  
Пространственная структура поселения *Arctica islandica* L. (Mollusca, Bivalvia) в  
районе Керетского архипелага (Кандалакшский залив, Белое море)
- Голубков С. М., Родэ Л. Ю., Умнова Л. П.** Особенности структуры бактериопланктона 16  
и сообщества гетеротрофных нанофлагеллят олиготрофного озера Кривое  
(Карельский берег Белого моря)
- Задевалова М. И., Герасимова А. В.** Фауна и структура поселений Gammaridea (отр. 18  
Amphipoda) в условиях беломорской литорали (Кандалакшский залив, губа Чупа)
- Зеленников О. В., Иванова Т. С., Мовчан Е. А., Мищенко О. В.** О результатах 20  
мониторинга нерестовой миграции производителей горбуши в районе о. Средний
- Иванов М. В.** Долговременные сукцессионные процессы в бентосе под хозяйствами 21  
марикультуры
- Иванова Т. С., Коробулин В. В., Полякова Н. А., Лайус Д. Л.** Популяционные 23  
характеристики трехглой колюшки района Керетского архипелага Кандалакшского  
залива Белого моря
- Кузнецова Е. К., Назарова С. А., Сухих Н. М., Полякова Н. В.** Зоопланктон озера 25  
Горелое (Керетский архипелаг Белого моря)
- Мичилашвили О. А., Примаков И. М.** Зависимость распределения зоопланктона от 27  
освещенности и приливно-отливного режима
- Петровский П. П., Степанова И. С., Морозов В. Ю., Раилкин А. И., Плоткин А. С.** 28  
Влияние сообществ ламинарий, губок и мидий на химический состав придонного слоя
- Полякова Н. В., Иванюкович А. А., Старков А. И.** Структура сообщества 29  
зоопланктона мелководной литоральной ванны
- Полякова Н. А., Лайус Д. Л., Иванова Т. С.** Флуктуирующая асимметрия колюшки 31  
*Gasterosteus aculeatus* района Керетского архипелага Кандалакшского залива Белого  
моря
- Полякова Н. В., Чужекова Т. А., Сухих Н. М.** Сообщества планктонных и донных 32  
беспозвоночных ручья Никольский
- Спетницкая Н. А., Гогорев Р. М., Иванов М. В.** К оценке питания беломорских 34  
культивируемых мидий фитопланктоном
- Старков А. И., Полякова Н. В.** Зоопланктон солоноватоводных наскальных ванн 36  
островов Кандалакшского залива Белого моря

<b>Стогов И. А.</b> Зоопланктон на скальных ванн островов Белого и Балтийского морей	37
<b>Стогов И. И., Стогов И. А.</b> Продукционные показатели личинок вислоккрылок <i>Sialis morio</i> (Megaloptera) в малых водоемах Карельского побережья Белого моря	39
<b>Таборский Д. А., Чанг С., Католикова М. В., Иванов М. В., Лайус Д. Л.</b> Оценка состояния культивируемых мидий <i>Mytilus edulis</i> L. в районе о. Соностров (Кандалакшский залив Белого моря)	40

#### Гидрология, Гидрохимия

<b>Павлов А. К.</b> Исследование оптических характеристик вод в губе Чупа, Белое море	41
<b>Раилкин А. И., Плоткин А. С.</b> Суточные колебания турбулентности в губе Чупа Белого моря	43
<b>Раилкин А. И., Примаков И. М.</b> Структура прибрежных вод губы Чупа Белого моря (на примере пролива Оборина Салма)	45
<b>Силякова А. В.</b> Измерения растворенного кислорода в акватории о. Средний, губы Чупа Белого моря в июле – августе 2006 г.	46

#### Зоология беспозвоночных

<b>Аристов Д. А., Малышева Д. А.</b> Изучение влияния ручья на сообщества макрозообентоса верхней и нижней литорали Белого моря	48
<b>Артемова А. В., Горных А. Е., Гришанков А. В., Жижина О. Г., Хайтов В. М., Шунатова Н. Н., Яковис Е. Л.</b> Кто с мидией живет?	49
<b>Бесядовский А. Р., Раилкин А. И.</b> Методика оценки физических параметров взаимодействия обрастателей с водной средой	51
<b>Братова О. А.</b> Видовой состав рода <i>Henricia</i> (Echinodermata, Asteroidea) Керетской губы и губы Чупа Белого моря	52
<b>Козминский Е. В., Лезин П. А., Фокин М. В.</b> Предварительные данные о наследовании признака фоновой окраски раковины у <i>Littorina obtusata</i> (Gastropoda: Prosobranchia)	54
<b>Крупенко Д. Ю.</b> Распределение моллюсков <i>Littorina saxatilis</i> на каменистой литорали в зависимости от заражения трематодами <i>Microphallus piriformes</i> и <i>M. pygmaeus</i> : экспериментальный анализ	55
<b>Левакин И. А., Исакова Л. П., Лоскутова З. И.</b> Оценка количества яиц <i>Bunocotyle progenetica</i> (Trematoda: Nemiuroideae), формируемых в моллюсках-хозяевах <i>Hydrobia ulvae</i> и <i>H. ventrosa</i> (Gastropoda: Prosobranchia)	57
<b>Лезин П. А., Шунатова Н. Н., Халаман В. В.</b> Методика компьютерной реконструкции пищевых токов у организмов – фильтраторов	59
<b>Лоскутова З. И.</b> Определение возраста <i>Onoba aculeus</i> (Gastropoda, Prosobranchia) Белого моря по состоянию раковины и линиям зимней остановки роста	60
<b>Паскерова Г. Г.</b> Кто вы, бластогрегарины? История исследования бластогрегаринов и личные наблюдения над <i>Siedleckia nematoides</i> Caullery et Mesnil, 1898 (Blastogregarinorina, Siedleckia)	61
<b>Разговорова И. А., Полоскин А. В.</b> Описание многолетней динамики поселений <i>Semibalanus balanoides</i> на литорали пр. Западная Салма о. Ряжков Кандалакшского залива на основании витальных наблюдений и анализа фотографических данных	63
<b>Сафина Д. А., Раилкин А. И.</b> Подавление локомоции и прикрепления моллюсков мидий ионами никеля	65
<b>Старунов В. В., Тихомиров И. А., Лаврова О. Б.</b> Строение пигидия <i>Nereis virens</i> (Sars, 1835)	67
<b>Столбовая А. Ю., Полоскин А. В.</b> Колонизация мидиями бурых водорослей <i>Ascophyllum nodosum</i> и <i>Fucus vesiculosus</i> на беломорской литорали	68
<b>Тамберг Ю. Ю., Шунатова Н. Н., Яковис Е. Л.</b> Пространственное распределение одиночных камптозоев <i>Loxosomella nordgardi</i> по поверхности колоний двух видов морских мшанок	71

- Шунатова Н. Н., Лезин П. А.** Механизм транспортировки пищевых частиц у стенолематных мшанок (Bryozoa: Stenolaemata) 72
- Ягунова Е. Б.** Изменчивость асимметрии зооидов инкрустирующей мшанки 74

*Микробиология*

- Бухвалов Ю. О., Вербицкая А. Н., Стогов И. А.** Микрофлора вод нижнего течения и эстуария р. Кереть в 2005-2006 гг. 76
- Воробьев К. П., Андронов Е. Е., Мигунова А. В., Квитко К. В.** Идентификация одноклеточных зеленых водорослей, симбионтов *Paramecium bursaria*, в единичной клетке хозяина 77

*Физиология и биохимия растений*

- Пузанский Р. К., Тараховская Е. Р.** Влияние органических субстратов на характеристики фотоассимиляционного аппарата *Odonthalia dentata* (L.) Lyngb 79
- Тараховская Е. Р., Маслов Ю. И.** Учет динамики роста эмбрионов *Fucus vesiculosus* L. при исследовании развития ассимиляционного аппарата водоросли 80

*Цитология, Гистология, Эмбриология*

- Адонин Л. С., Шапошникова Т. Г., Матвеев И. В., Подгорная О. И.** Синтез предшественников мезоглеина в мезоглеальных и эпидермальных клетках сцифоидной медузы *Aurelia aurita* (Scyphozoa, Cnidaria) 81
- Блинова М. И., Бобков Д. Е., Пинаев Г. П.** Взаимодействие целоцитов морской звезды *Asterias rubens* и культивируемых фрагментов целомического эпителия в условиях *in vitro* 82
- Воронкина И. В., Протасов М. В., Соловьева М. А., Ковальчук Т. С., Пинаев Г. П.** Влияние белков целомической жидкости морской звезды *Asterias rubens* на процесс заживления ткани у млекопитающих на модели глубокой раны у крыс 83
- Воронкина И. В., Шарлаимова Н. С., Блинова М. И., Торндайк М., Пинаев Г. П.** Влияние белков целомической жидкости морской звезды *Asterias rubens* на миграцию клеток целомического эпителия морской звезды в культуре 84
- Воронкина И. В., Шарлаимова Н. С., Торндайк М., Пинаев Г. П.** Динамика секреции белков в целомическую жидкость морской звезды *Asterias rubens* на начальной стадии регенерации 85
- Ересковский А. В., Мухачёв Е. В.** Эмбриональное развитие и дифференцировка личиночных спикул у губки *Haliclona aquaeductus* (Schmidt, 1862) (Haplosclerida, Demospongiae) 86
- Климович А. В., Яковлева Н. В., Горбушин А. М.** Частичная характеристика GPC-рецептора гемоцитов моллюска *Littorina littorea* 88
- Костюченко Р. П., Шишарина М. А.** Клеточные аспекты формирования зоны роста у полихет *Nereis virens* и *Platynereis dumerilii* (Nereidae) 89
- Кумейко В. В., Мухина Ю. И., Футикова Т. И., Подгорная О. И., Ефремова С. М.** Предварительные данные по идентификации белка р68 губки *Halisarca dujardini* как белка промежуточных филаментов 90
- Обухов Д. К., Обухова Е. В., Королева Т. В.** Формирование ЦНС молодого горбуши в естественной среде и в заводских условиях 91
- Цыбатова Е. В., Костюченко Р. П.** Экспрессия гена *Fox A2* (*forkhead box A2*) в морфогенезах личиночного развития и регенерации у полихет сем. Nereidae 92
- Шарлаимова Н. С., Петухова О. А., Пинаев Г. П.** Анализ адгезивных свойств клеток целомической жидкости *Asterias rubens* L. на ранних сроках заживления раны 93
- Участники VIII Научной сессии МБС СПбГУ* 95

**Гимельбрант Д. Е.** Остеофильные лишайники на островах Керетского архипелага (Karelia Keretina)

Проблема специфичности видов к заселяемым ими субстратам является одной из важнейших в области экологии лишайников. Общий низкий уровень специфичности (13,5%) видового состава лишайников-эпиксиллов островов Керетского архипелага показан нами ранее (Himelbrant, Kuznetsova, 2002; Гимельбрант, Кузнецова, 2002, 2003, 2004, 2005). Специфичность эпилитов на искусственных карбонат-содержащих субстратах оказалась заметно выше – 5 видов из 20 (25%) обитают исключительно на цементе и шифере (Гимельбрант, Кузнецова, 2005).

Дальнейший анализ субстратной специфичности проведен для лишайников-остеофилов, обитающих на старых выветренных костях млекопитающих и птиц. Этот субстрат оригинален не только по своему происхождению, органно-минеральному составу и специфической фактуре поверхности, но и по редкости и относительно малой предсказуемости территориального распределения. Длительно экспонированные и медленно разрушающиеся кости можно обнаружить преимущественно в высокогорных, тундровых и аридных районах, а также вдоль морских побережий. По минеральному составу такой субстрат может быть отнесен к числу слабокарбонатных, так как кроме доминирующего фосфата содержит сульфат и карбонат кальция.

За время исследований (1997-2006 гг.) кости животных обнаружены лишь в пределах 7 из 135 заложённых пробных площадей (5,2%). Пробные площади расположены на побережьях 7 из 36 обследованных островов архипелага. Всего идентифицировано 16 видов лишайников, что составляет только 3,3% всей лишайнофлоры (492 вида). В алфавитном списке латинские названия видов лишайников приведены по Santesson с соавт. (2004), звездочкой отмечены новые для Karelia Keretina виды: \**Amandinea coniops* (Wahlenb.) M. Choisy ex Scheid. & H. Mayrhofer, \**Bacidina delicata* (Larbal. ex Leight.) V. Wirth & Vězda, *Caloplaca holocarpa* (Hoffm. ex Ach.) A. E. Wade, *Candelariella aurella* (Hoffm.) Zahlbr., \**Lecania erysibe* (Ach.) Mudd, \**Lecanora albescens* (Hoffm.) Branth & Rostr., *L. dispersa* (Pers.) Sommerf., *L. hagenii* (Ach.) Ach. v. *hagenii*, \**L. umbrina* (Ach.) A. Massal., *Lecidella stigmatea* (Ach.) Hertel & Leuckert, *Phaeophyscia sciastra* (Ach.) Moberg, *Physcia caesia* (Hoffm.) Fürnr., *P. dubia* (Hoffm.) Lettau, *Rinodina* sp., *Xanthoria candelaria* (L.) Th. Fr. и *X. elegans* (Link) Th. Fr. находка *Bacidina delicata* является первой для территории всей Карелии. Наиболее обычными на изучаемом субстрате являются *Lecanora dispersa*, *L. umbrina*, *Physcia caesia* и *Xanthoria candelaria*. Коэффициент сходства видовых списков Серенсена-Чекановского для двух наиболее близких субстратов – костей животных и цементных конструкций – оказался невысоким и составил 0,44 (8 общих видов).

В пределах пробной площади отмечено от 1 до 7 видов, их разнообразие и состав зависят от освещенности, размеров и частоты встречаемости субстрата. Наибольшее разнообразие выявлено на о. Плоская Луда, Двинская Луда и Седловатая Луда. В целом на более мористых островах, где морские птицы участвуют в растаскивании останков животных, а условия для длительного экспонирования костей наиболее оптимальны, отмечено 14 из 16 видов. Из них только два вида (12,5%) являются стенотопными для костей в пределах Керетского архипелага. В то же время, в границах своего ареала *Bacidina delicata* обычно поселяется на коре лиственных деревьев, а *Lecania erysibe* – на карбонатсодержащих породах. Остальные виды заселяют на Керетском архипелаге более или менее широкий спектр субстратов. Вероятно, присутствие на костях орнитокопрофильных видов (*Phaeophyscia sciastra*, *Physcia caesia*, *P. dubia*, виды рода *Xanthoria*), связано с влиянием на химический состав субстрата экскрементов птиц. Из 16 обнаруженных лишайников только *Amandinea coniops* является типичным видом приморских местообитаний.

Таким образом, на костях животных в пределах Керетского архипелага формируется неспецифическое и относительно небогатое сообщество остеофильных лишайников.

**Смирнова С. В., Нестерович А. С., Балашова Н. Б., Козыренко Т. Ф.**  
О флоре водорослей о. Средний (Керетский архипелаг, Белое море)

Альгофлора разнообразных пресноводных водоёмов о. Средний ранее изучалась на протяжении двух вегетационных сезонов, т.е. в 2003, 2004 гг.

В первой работе Киселёва Г. А. (2004) для водоёмов острова указывалось 86 видов водорослей из 7 отделов. В дальнейшем в альгологических исследованиях был сделан акцент на десмидиевые и диатомовые водоросли (Нестерович, Балашова, 2005, 2006), как на постоянный компонент биоты островных водоёмов. Поскольку общая изученность флоры водорослей остаётся очень низкой, в 2006 г. изучение водорослей было продолжено.

В июле 2006 г. на о. Средний были взяты пробы водорослей в озёрах Большое и Водозаборное, в тех же самых точках, что и в 2004 г. Они представляли собой выжимки из сплавины, состоящей из скоплений сфагновых мхов.

В результате исследования обнаружено 35 видов и внутривидовых таксонов конъюгат (отдел Chlorophyta, класс Zygnematomphyceae, порядки Desmidiales и Mesotaeniales) и 14 видов и внутривидовых таксонов диатомовых водорослей (отдел Bacillariophyta).

Структура сообществ диатомовых водорослей не претерпела сильных изменений. Так же, как и в 2004 году, во всех пробах высокими оценками обилия характеризуются *Frustulia rhomboides* (Ehr.) D.T. var. *saxonica*



(Rabenh.) D.T. и виды рода *Tabellaria* Ehr. — *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz. и *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz.

Конъюгаты представлены видами родов *Cosmarium*(10), *Staurastrum*(7), *Closterium*(5), *Euastrum*(2), *Micrasterias*(2), *Netrium*(2), *Stauroidesmus*(2), *Bambusina*(1), *Cosmoastrum*(1), *Mesotaenium*(1), *Spondylosium*(1).

По-прежнему доминирующим родом остаётся род *Cosmarium*. Однако в 2006 г. число его видов уменьшается по сравнению с 2004 г. Вторым по числу видов становится род *Staurastrum*, тогда как 2 года назад на втором месте был род *Euastrum*, представленный всего двумя видами по сравнению с восемью в 2004 г. Кроме того, были отмечены новые для о. Средний рода — *Netrium*, *Stauroidesmus*, *Mesotaenium*, *Bambusina*, *Spondylosium* (в частности, рода *Mesotaenium* и *Netrium* являются представителями порядка Mesotaeniales, ранее не отмечавшегося в альгофлоре). Таким образом, во флоре конъюгат в 2006 г. произошло изменение соотношения родов по сравнению с 2004 г.

С другой стороны, подтвердилась замеченная в 2004 г. особенность — практически полное отсутствие общих видов в пробах из разных озёр, каждый водоём характеризуется своим специфическим сообществом водорослей.

Итогом изучения пресноводных водорослей о. Средний является то, что на настоящий момент в альгофлоре острова нам известно 62 вида конъюгат и 68 видов диатомовых водорослей.

### Генетика

**Магомедова З. М., Барабанова Л. В., Дукаревич М. М.** Изучение кариотипа равноногих раков группы *Jaera albifrons* Белого моря

Морские представители равноногих раков отряда Isopoda представляют несомненный интерес для эколого-генетических исследований в силу целого ряда обстоятельств. Во-первых, большая численность этих морских животных и их широкое распространение, в том числе и в прибрежных зонах Белого моря, а также наличие у них полиморфизма рисунка и окраски тела, делают этот объект незаменимым в изучении микроэволюционных процессов в природных популяциях. Во-вторых, особенности жизненного цикла равноногих раков, связанные с наличием в эмбриогенезе стадии активно делящихся митотических клеток, позволяют применять к ним цитогенетический анализ и рассматривать данных беспозвоночных животных в качестве тест-объектов при проведении генетического мониторинга состояния водной среды.

С целью характеристики хромосомного набора представителей *Jaera albifrons* sp., обитающих в прибрежной зоне Белого моря, в летние периоды 2005–2006 гг. был собран материал в литоральной и сублиторальной зонах губы Чупа Кандалакшского залива. Животные были зафиксированы в

смеси 3:1 этилового спирта и ледяной уксусной кислоты. Из митотически делящихся клеток эмбрионов, изолированных от 783 самок, были приготовлены давленные препараты, которые далее были окрашены с использованием разных красителей. Всего в работе было проанализировано 1500 препаратов.

При использовании рутинной окраски ацетоорсеином на основании анализа 153 метафазных пластинок было получено распределение клеток по числу хромосом в кариотипе. Было показано, что число хромосом на метафазных пластинках варьирует от 16 до 26 с модальным значением 20. Отмеченное варьирование числа хромосом оказалось сходным у рачков, собранных из 8 различающихся экологически мест обитания. Исключение составил о. Малый Горелый, где значение модального класса соответствовало 22 - 23 хромосомам. Окраска ацетоорсеином выявила также характерную структурную особенность хромосом морских изопод, связанную с наличием темно-окрашивающихся участков, сходных с гетерохроматиновыми районами.

Для изучения тонкой структуры хромосом равноногих раков *Jaera albifrons* были апробированы методы дифференциального окрашивания с использованием красителей флюорохрома Хехст 33258 и акридинового оранжевого, а также окраска нитратом серебра для выявления ядрышкообразующих районов хромосом. Все перечисленные методы дифференциальной окраски продемонстрировали свою применимость в дальнейшем цитогенетическом анализе структуры и функции хромосом равноногих раков *Jaera albifrons* sp.

**Чунаев А. С., Нецепляева И. С., Смагина Д. С., Абдурахманова Ш. О.**  
Изменчивость *Littorina obtusata* и *Fucus vesiculosus* на литорали о. Средний губы Чупа Белого моря

Демонстрация внутривидовой изменчивости в природе и освоение методов её изучения - это основные учебные задачи летней практики по генетике на Белом море. В ходе самостоятельных работ студенты модифицируют освоенные методы сбора материала, сопоставляют результаты, полученные при выполнении учебных задач в традиционных местах проведения практики, таких как литораль у скалы Коровья Варака, с результатами собственных наблюдений, сделанных, как правило, в различных частях побережья о. Средний, на котором располагается учебный корпус.

И. С. Нецепляева и Д. С. Смагина исследовали линейные размеры и полиморфизм окраски раковин моллюска *Littorina obtusata* на литорали о. Средний. Раковины этого моллюска не были обнаружены ни в проливе Узкая Салма, ни на участке побережья между бухтой Ноговица и скалой Лоцманская. По-видимому, это объясняется низкой солёностью воды в этих местах (от 11 до 14‰), т.к. сразу на восток за скалой Лоцманская, где

солёность воды была выше (17‰), И. С. Нецепляева и Д. С. Смагина обнаружили мелкие раковины *Littorina obtusata*, причём все – пурпурного цвета. Далее на восток, в районе Биржи, раковины *Littorina obtusata* в среднем были крупнее, причём наблюдался выраженный полиморфизм окраски раковин.

На всей литорали о. Средний встречается бурая водоросль *Fucus vesiculosus*. В работе Ш. О. Абдурахмановой исследован половой диморфизм линейных размеров рецептакул и прироста таллома. Достоверные различия по этим параметрам наблюдались между мужскими и женскими особями, собранными в бухте Юшковка, но не наблюдались у водорослей, собранными в бухте Ноговица. У водорослей, собранных под скалой Лоцманская, половой диморфизм проявлялся в различии размеров рецептакул. Поскольку солёность в местах сбора водорослей в бухте Ноговица и у скалы Лоцманская была одинаковой и равной 9‰, можно сделать вывод, что не солёность, а другие экологические факторы определяют угнетение развития водорослей *Fucus vesiculosus* в бухте Ноговица.

#### *Гидробиология, Ихтиология*

**Вишнякова И. И., Абрамова Е. Н.<sup>1</sup>** Структурно-функциональные характеристики зоопланктона полигональных водоёмов южной части дельты р. Лена

<sup>1</sup>Усть-Ленский Государственный Природный заповедник, Тикси

В районе дельты р. Лена насчитывается около 60 тыс. различных водоёмов. Мелкие термокарстовые водоемы полигонально-валиковой тундры (полигоны) являются самыми многочисленными в дельте и занимают по площади ~ 9,5 тыс. км<sup>2</sup>. Они имеют форму многоугольников со средней площадью 100 м<sup>2</sup> и глубинами 0,3 - 1,5 м, и в разной степени заняты водной растительностью. По нашим наблюдениям, бентосные организмы в полигонах находятся в угнетенном состоянии. Вследствие промерзания этих водоёмов в зимний период до дна, в них отсутствуют рыбы. Таким образом, трансформация вещества и энергии в полигонах происходит главным образом через зоопланктон.

Материалом для данной работы послужили 450 качественных и количественных проб зоопланктона, собранные в безледные периоды 2002 - 2006 гг. в 20 полигональных озерах, расположенных на островах южной части дельты. Сбор зоопланктона проводили с периодичностью в 3 - 7 дней, с берега – фильтрацией 50 или 100 литров воды через гидробиологический сачок (размер ячеек 80 мкм), из центра полигонов – вертикальным протягиванием малой сети Джели (100 мкм) от дна до поверхности. Пробы фиксировали в 70% спирте или 4% формалине и обрабатывали по общепринятой методике.

Анализ результатов, полученных при обработке части проб, позволяет нам сделать предварительные выводы о некоторых аспектах существования зоопланктонных сообществ полигонов дельты. Общий список зоопланктеров, составленный по всем изученным полигонам, включает 55 форм, относящихся к двум типам (Rotifera и Arthropoda). Однако в отдельно взятом полигоне количество видов обычно не превышает 30. По встречаемости наиболее разнообразно представлены эвритопные формы, имеющие широкий ареал распространения: *Eudiaptomus gracilis*, *Eucyclops serrulatus*, *Megacyclops viridis*, *Chydorus sphaericus*, *Keratella cochlearis*. Однако по количественным показателям доминируют виды, распространение которых ограничено северными широтами: *Heterocope borealis*, *Leptodiptomus angustilobus*, *Mixodiaptomus theeli*, *Arctodiaptomus novosibiricus*, а так же широко распространенная *Daphnia pulex*. При относительно большом разнообразии форм коловраток, большинство видов встречаются в полигонах единично. Зоопланктон исследованных полигонов сходен как по качественным, так и по количественным показателям. Это сходство, по-видимому, связано с однородностью гидрологических условий в полигонах и с ветровым переносом покоящихся стадий планктонных организмов после пересыхания водоёмов. Доминирующими как в качественном, так и в количественном отношении здесь являются веслоногие ракообразные, массовыми видами - *H. borealis*, виды рода *Diaptomus*, *Acanthocyclops vernalis*, *Eucyclops serrulatus*, *Megacyclops viridis*. Ветвистоусые рачки (Cladocera) занимают второе место, среди них преобладают виды *Daphnia pulex* и *Chydorus sphaericus*. По сравнению с другими озерами тундры полигоны характеризуются высокими количественными показателями зоопланктона. Численность организмов в этих водоёмах в теплые года может достигать 70 - 80 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 12,5 г/м<sup>3</sup>. Относительно высокие значения биомассы связаны с преобладанием в составе пелагической фауны полигонов сравнительно крупных видов веслоногих и ветвистоусых ракообразных. Динамика численности и биомассы зоопланктона зависит от условий окружающей среды и жизненных циклов массовых видов. Максимумы количественных характеристик, как правило, приходятся на период размножения доминирующих видов. В полигонах в течение безледного периода обычно отмечаются два-три пика численности и биомассы, связанные с развитием массовых видов веслоногих (Calanoida и Cyclopoidea), а также представителя ветвистоусых рачков (Cladocera) – *Daphnia pulex*. Массовые виды веслоногих ракообразных (Calanoida и Cyclopoidea) формируют по одной генерации, *Daphnia pulex* - 2 - 3 генераций в течение летнего сезона.

*Гагаринова Н. Г., Раилкин А. И., Чикадзе С. З., Лиевина Т. Б.*

Проявление биологических особенностей беломорских беспозвоночных, асцидий и водорослей при их длительном содержании в аквариальных условиях

Двухгодичный опыт содержания в Морском аквариальном комплексе (МАК) Биологического НИИ СПбГУ беломорских литоральных и сублиторальных беспозвоночных, асцидий и водорослей в условиях, близких к естественным (низкая освещенность и температура + 7 - 9<sup>0</sup>С, проток), показал их высокую выживаемость (таблица). Почти все изученные виды хорошо росли в течение 1 - 2 лет их содержания в МАК, с конца сентября 2004 г. до конца 2006 г., а некоторые успешно размножались.

Некоторые характеристики беспозвоночных животных, асцидий и водорослей, содержащихся в МАК

Биологические Объекты	Выживаемость, годы	Рост	Размножение		Реакция на повышение температуры	Несовместимость с другими видами
			ест.	иск.		
Губки	1-2	М	+		отрицательная размножение	голожаберные моллюски
Гидроиды	1-2	б	+	+		
Актинии	2	б	+	+	размножение	<i>Aeolidia papillosa</i>
Полихеты	1-2	б				
Бокоплавы	2				не отмечена	
Креветки	1-2	м	+			
Раки-отшельники	½-1	б				
Усоногие раки	1-2	м				морские звезды
Моллюски:						
– брюхоногие, в т.ч.	2	м	+		не отмечена	не обнаружена
голожаберные	2	б	+		не отмечена	
– двустворчатые	2	б			неоднозначная	морские звезды
Морские звезды	2	б			отрицательная	не обнаружена
Офиуры	2	м			отрицательная	не обнаружена
Морские ежи	1-2	м			отрицательная	
Асцидии	1-2	м	+			
Бурые водоросли:						
– фукусы	1	м				виды рода литторина
– аскофиллум	1	м				
– ламинария	1-2	б	+			
Красные водоросли	2	м				

Примечания: рост при благоприятных условиях: м – медленный, б – быстрый. Размножение: ест. – естественное, иск. – искусственное.

У гидроидных полипов *Gonothyrea loveni*, *Dynamena pumila* и морских звезд *Asterias rubens*, *Crossaster papposus*, *Solaster endeca* при экстремально высоких (+ 17-19<sup>0</sup>С) температурах воды жаркого лета 2005 и 2006 гг. наблюдалась гибель. *A. rubens* при повышенной температуре выделяли стресс-факторы, вызывавшие помутнение воды и появление обильной пены.

При недостаточно обильном кормлении у них наблюдались случаи каннибализма. Весьма чувствительными к повышению температуры и временному осушению были губки, особенно *Polymastia arctica* и *Radiella grimaldi*. Для *P. arctica* также губительным было резкое повышение количества кислорода в воде; при этом у них были отмечены появление в теле газовых пузырей и последующая гибель. Относительно высокую устойчивость к повышенной температуре проявляли брюхоногие (*Buccinum undatum*, *Neptunea despecta*) и двустворчатые (*Mytilus edulis*) моллюски. Вместе с тем, двустворчатый моллюск *Modiolus modiolus* был весьма чувствительным к повышению температуры уже до + 12 - 15<sup>0</sup>С. Как известно, при повышении температуры снижается концентрация растворенного в воде кислорода. Поэтому вполне естественно, что продувка воздухом повышала выживаемость видов, чувствительных к повышению температуры.

Несмотря на быстрый рост раков-отшельников *Pagurus pubescens*, их успешные линьки и наличие свободных раковин подходящих размеров, они выживали в течение не более 8-10 месяцев. Это не было связано с ухудшением условий содержания (например, накоплением избытка соединений азота или фосфора), так как регулярные анализы проб воды неизменно показывали ее высокое качество. При длительном содержании в МАК все изученные виды проявляли ростовые тенденции, свойственные им в природных условиях. При этом наблюдалась известная закономерность быстрого роста молодых особей, что было ярко выражено у актиний *Metridium senili*, голожаберных моллюсков и бурых водорослей *Laminaria saccharina*.

Как и в естественных условиях, гидроидные полипы были несовместимы с некоторыми хищными голожаберными моллюсками, например с *Dendronotus arborescens*, двустворчатые моллюски – с хищными морскими звездами; бурые водоросли быстро погибали при большом числе поселившихся на них брюхоногих моллюсков литторин, которые питались их тканями.

В ряде случаев (см. таблицу) наблюдалось естественное (или искусственное, связанное с умеренным повышением температуры) размножение беспозвоночных животных. Это позволяет надеяться на возможность их культивирования и воспроизведения циклов развития в искусственных условиях. Важным и требующим специального изучения остается вопрос об изменении нормы реакции литоральных и сублиторальных животных и водорослей при их длительном содержании при постоянных условиях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант № 05-04-48072.

**Герасимова А. В., Максимович Н. В., Филиппова Н. А., Кузнецова Е. К.**  
Пространственная структура поселения *Arctica islandica* L. (Mollusca, Bivalvia) в районе Керетского архипелага (Кандалакшский залив, Белое море)

С конца 70-х годов прошлого века кафедра ихтиологии и гидробиологии СПбГУ проводит многолетнее изучение структуры поселений массовых видов двустворчатых моллюсков Белого моря. Наблюдения осуществляются с интервалом в 1 - 3 года в конце июня – июле. Один из объектов исследования - поселение *Arctica islandica* L. Оно занимает участок (площадью около 1 Га) песчано-илистой с камнями бентали (глубины от 5 до 15 м) у о. Матренин (губа Чупа, Кандалакшский залив). Это необычно плотное для Белого моря скопление представителей данного вида. За время наших наблюдений средняя численность и биомасса *A. islandica* здесь составили около 100 экз./м<sup>2</sup> и 700 г/м<sup>2</sup> соответственно. Похожее по показателям обилия поселение было описано только в Онежском заливе (Голиков, Бабков, 1984).

Во время наблюдений, проводимых до 2003 г., нам удалось показать (Герасимова, Максимович, 2001) определенную закономерность в распределении моллюсков в пределах участка. На глубинах до 10 м представлены все возрастные группы *A. islandica*, начиная с сеголеток (особей, не достигших возраста 1 года к моменту наблюдения), причем отмечены лишь единичные находки моллюсков старше 9 лет. Среднегодовая величина плотности поселения данного вида здесь составила 53 экз./м<sup>2</sup> при колебаниях от 10 до 124 экз./м<sup>2</sup>. На глубинах 10 - 15 м наблюдалось резкое увеличение показателей обилия моллюсков по сравнению с мелководной зоной. Средняя за время наблюдений плотность поселения составила около 180 экз./м<sup>2</sup>. Возрастная и размерная структуры этого скопления *A. islandica* отличались значительным постоянством на всем протяжении исследований: преобладали моллюски в возрасте 8 - 10 лет (размеры 30-40 мм), практически отсутствовали особи младше 5 - 6 лет (длиной менее 20 мм). При этом ни в один из сезонов исследований здесь не было отмечено количество сеголеток, соизмеримое с численностью особей старших возрастов.

Наконец в августе 2005 г. мы впервые наблюдали (Герасимова, Максимович, Мартынов, 2006) резкие изменения в структуре поселения *A. islandica* на глубинах 10 - 15 м. Численность ранее доминирующей размерно-возрастной группы (возраст 8 - 10 лет и размеры 30 - 40 мм) снизилась до 17 экз./м<sup>2</sup>. В поселении преобладали особи размерами 3 - 7 мм, их численность составила около 40 экз./м<sup>2</sup>. При этом промеры створок мертвых моллюсков показали, что и их численность (около 118 экз./м<sup>2</sup>), и размеры (в основном створки 30 - 40 мм) вполне соответствовали аналогичным показателям ранее доминирующей модальной группы. Причины столь резкой элиминации преобладающих на участке в течение 20 лет особей *A. islandica* не были ясны, однако не исключалась возможность естественного развития событий.

Летом 2006 г. изучение структуры поселения *A. islandica* продолжено, особое внимание уделялось изучению распределения моллюсков в пределах участка. Материал собран с помощью драги и зубчатого водолазного дночерпателя с площадью захвата 0,05 м<sup>2</sup>. Дночерпательные пробы взяты на 11 станциях (глубины от 4 до 15,5 м) - на каждой станции по 3 пробы. Станции располагались через каждые 20 м вдоль троса длиной около 200 м, проложенного по дну. Оценка площади, охваченной дражными сборами, произведена по уловам массовых видов дночерпателями, взятыми на соответствующих глубинах.

В результате анализа данных, полученных с помощью драги, удалось показать, что в мелководной (до 10 м) зоне участка практически нет изменений в структуре изучаемого поселения. Здесь представлены все возрастные группы *A. islandica*, начиная с сеголеток, и были единичные находки моллюсков длиной более 30 мм. Численность *A. islandica* составила 33 экз./м<sup>2</sup>. На глубинах 10 - 15 м численность моллюсков достигала 66 экз./м<sup>2</sup>. При этом четко выделились две группы: 44% численности поселения приходилось на только что осевшую молодежь (размеры 1 - 2 мм), а другая половина данного скопления представлена особями старших генераций (длиной 30 - 40 мм). Однако численность (около 30 экз./м<sup>2</sup>) последней размерной группы почти в два раза превысила ее обилие в 2005 г. (17 экз./м<sup>2</sup>). Близкие результаты были получены и в результате анализа материала, собранного с помощью дночерпателя. Сразу следует отметить, что точность количественного учета *A. islandica* по дночерпательным пробам не велика – ошибка в основном более 40%. При этом максимальные величины численности и биомассы моллюсков зарегистрированы как раз на станциях на глубинах более 10 м – 67 экз./м<sup>2</sup> и 630 г/м<sup>2</sup> соответственно.

Таким образом, в 2006 г. мы наблюдали тенденцию к возврату былой структуры изученного поселения на глубинах 10 - 15 м – формирование здесь агрегации моллюсков старших генераций (размерами 30 - 40 мм). Можно предположить, что отмеченные эффекты восстановления пространственной структуры поселения *A. islandica* являются результатом перераспределения моллюсков в пределах всего анализируемого местообитания. Анализ этого явления составит предмет наших дальнейших исследований.

**Голубков С. М.<sup>1</sup>, Родэ Л. Ю., Умнова Л. П.<sup>1</sup>.** Особенности структуры бактериопланктона и сообщества гетеротрофных нанофлагеллят олиготрофного озера Кривое (Карельский берег Белого моря)

<sup>1</sup>Зоологический институт РАН

Бактериопланктон и гетеротрофные нанофлагелляты – бактериоидные жгутиконосцы размером менее 20 мкм – являются главными компонентами микробного сообщества, которое служит промежуточной ступенью в трансформации вещества от продуцентов к зоопланктону и осуществляет регенерацию биогенных элементов. Бактериальному сообществу водоёмов



Северной Карелии уже были посвящены отдельные работы, бесцветным жгутиконосцам должное внимание не уделялось. Исследованное озеро Кривое расположено в бассейне губы Чупа Кандалакшского залива Белого моря. Его площадь составляет около 0,5 км<sup>2</sup>, максимальная глубина – 30 м. Пробы воды отбирали в 3 периода 2005 г.: в конце весны (26 и 31 мая), в середине лета (24 июля и 1 августа) и осенью (11 и 17 сентября). Отбор проб производили батометром Руттнера на станции с максимальной глубиной 30 м; их обработку осуществляли методом эпифлуоресцентной микроскопии.

Было выяснено, что бактериопланктон пелагиали озера Кривое отличается относительно низким обилием и представлен кокковыми и палочковидными формами, которые можно разделить на следующие размерные группы: мелкие кокки с диаметром клетки 0,3 мкм, крупные кокки с диаметром клетки 0,6 мкм, мелкие палочки размером 0,4 x 1,5 мкм и крупные палочки размером 0,5 x 2 мкм. В среднем для толщи воды озера мелкие кокки составили 79% всей гетеротрофной микрофлоры (0,27 ± 0,067 млн./мл), крупные кокки – 6% (0,02 ± 0,002 млн./мл), мелкие палочки – 12% (0,04 ± 0,011 млн./мл) и крупные палочки – 3% (0,01 ± 0,002 млн./мл). Таким образом, в 2005 г. гетеротрофная микрофлора была представлена в основном кокками: средняя численность кокковых форм бактерий в пелагиали водоёма составила 0,28 ± 0,08 млн./мл, средняя численность палочковидных форм – только 0,05 ± 0,016 млн./мл. Соотношение численности палочек к численности кокков было равным 0,18 абсолютным единицам, что составило величину в 3 раза меньшую, чем по данным исследований 1968 - 1969 гг. Это может быть связано с наблюдаемым увеличением трофности водоёма.

Общая численность бактериопланктона в течение сезона вегетации 2005 г. изменялась следующим образом: весной варьировала от 0,21 до 0,29 млн./мл; летом несколько возросла: её наибольшая величина – 0,52 млн./мл – была отмечена 24 июля; осенью колебалась от 0,27 до 0,33 млн./мл. Результаты исследования пелагиали озера Кривое показали наличие смены фаз сезонного развития планктона с автотрофной на гетеротрофную. В первую фазу (начинающуюся в глубоких северных озёрах в конце мая – начале июня) роль бактерий скрыта постоянным притоком вновь образующихся водорослей, а во вторую фазу (начинающуюся в конце июля) возрастает роль бактерий как деструкторов органического вещества. Общая биомасса бактериопланктона весной колебалась от 0,008 до 0,014 мг/л; летом её максимальное значение – 0,023 мг/л – было отмечено 24 июля; осенью варьировала от 0,013 до 0,027 мг/л.

Гетеротрофные нанофлагелляты пелагиали озера Кривое были представлены шаровидными (средняя численность в толще воды 2195 ± 509 экз./мл) и эллипсоидными (средняя численность в толще воды 2084 ± 464 экз./мл) формами. Их размеры варьировали от 1,5 до 11 мкм. Общая численность бесцветных жгутиконосцев в течение сезона вегетации 2005 г. была значительной: весной варьировала от 3714 до 5779 экз./мл; летом - от 4107 до 6522 экз./мл; осенью - от 2040 до 2648 экз./мл. Общая

биомасса гетеротрофных нанофлагеллят весной колебалась от 0,047 до 0,092 мг/л; летом – от 0,055 до 0,094 мг/л; осенью – от 0,019 до 0,041 мг/л.

Сравнение сырой биомассы бактериопланктона (Bb) и гетеротрофных нанофлагеллят (Vfl) показало, что и весной (Bb = 0,020 ± 0,002 мг/л; Vfl = 0,140 ± 0,011 мг/л), и летом (Bb = 0,040 ± 0,002 мг/л; Vfl = 0,150 ± 0,009 мг/л) вторая величина существенно превосходила первую. Осенью эти величины были практически сопоставимы (Bb = 0,040 ± 0,004 мг/л; Vfl = 0,060 ± 0,006 мг/л). В более продуктивных водоёмах биомасса жгутиконосцев обычно составляет не более 10% от общей биомассы бактериопланктона. Скорее всего, в условиях озера Кривое в составе рациона бесцветных жгутиконосцев большую роль играют другие виды пищи (растворённое органическое вещество, автотрофный пикопланктон, мелкие частички детрита).

**Задевалова М. И., Герасимова А. В.** Фауна и структура поселений Gammaridea (отр. Amphipoda) в условиях беломорской литорали (Кандалакшский залив, губа Чупа)

Amphipoda составляют типичный, но сравнительно малоизученный компонент литоральных сообществ Белого моря. Во многом это объясняется очевидными трудностями качественного и количественного учета таких подвижных организмов. Цель данной работы – анализ видового состава, распределения и структуры поселений бокоплавов в различных горизонтах осушной зоны Белого моря.

Наблюдения проведены летом 2006 г. в акваториях Керетского архипелага (в районе МБС СПбГУ). Станции расположены в верхнем (ВГЛ), среднем (СГЛ) и нижнем (НГЛ) горизонтах литорали в трех местообитаниях: участок каменистой литорали с сильными приливо-отливными течениями (1, о. Матренин), илесто-песчаная с камнями литораль в открытой прибойной зоне (2, о. Кереть), илесто-песчаная литораль с невыраженной прибойностью (3, пр. Подпахта). Для сбора материала применяли выборочные площадки размером от 0,01 до 0,25 м<sup>2</sup> и зубчатый водолазный дночерпатель с площадью захвата 0,05 м<sup>2</sup>. На каждой станции взято по 8 проб. Организмы макрозообентоса определены в большинстве случаев до вида, взвешены и посчитаны. Видовая идентификация не произведена для бокоплавов размером менее 5 - 6 мм, такие особи были объединены в общую размерную группу (ювенильная группа). На каждой станции определены содержание органических веществ в грунте и его гранулометрический состав.

Изученные местообитания различались как по характеру донных отложений, так и по составу сообществ макрозообентоса. Крупнозернистые фракции (галька, крупный песок) в значительной степени (30 - 60%) представлены в донных осадках литорали участков 1 и 2 (ВГЛ, СГЛ). Значительность доли (более 80%) мелкозернистых фракций (мелкий песок, алевроиты, пелиты) характерна для участков 3 и 2 (НГЛ). В составе сообществ

обнаружено 24 таксона, только 12 из которых оказались общими для трех участков. В большинстве сообществ бокоплавов заметно уступали по показателям обилия представителям других групп животных. Доля бокоплавов в суммарной биомассе сообществ не превышала 4%. Максимальная плотность поселения амфипод отмечена на участке 2 (533 экз./м<sup>2</sup>). Здесь они доминировали по численности в сообществе, составляя 20 - 35 % суммарной численности макрозообентоса. На других участках доля бокоплавов не превышала 8% общей плотности поселений организмов макрозообентоса.

Всего на участках обнаружено четыре вида широко распространенных в литоральной зоне амфипод (Цветкова, 1985): *Gammarus setosus* (Dementieva, 1931), *G. zaddachi* (Sexton, 1912), *G. oceanicus* (Seigerstrale, 1947) и *G. dubieni* Lillieborg, 1851. Большую часть изученных нами поселений бокоплавов составили ювенильные особи размерами менее 5 мм: от 57% (участок 3, НГЛ) до 98% (участок 2, ВГЛ, НГЛ). При этом явных закономерностей в распределении молоди выявить не удалось. Наибольшее обилие ювенилов наблюдалось на участке 2, где во всех горизонтах осушной зоны их численность превышала 95% суммарного количества Amphipoda. В остальных местообитаниях доля молоди в общей численности бокоплавов значительно выше в верхней литорали (более 92%). Отмеченное смещение возрастного состава поселения Amphipoda в сторону преобладания молоди в условиях продолжительного осушения, возможно, объясняется тем, что для поддержания постоянной влажности покровов небольших Gammaridea достаточно даже небольшого количества капиллярной влаги, в то время как крупные особи переживают период осушения прячась в сильно насыщенных влагой укрытиях, какие легче найти в среднем и нижнем горизонтах литорали (Бек, 1977). Наиболее резко гетерогенность в распределении ювенильной группы выражена только на участке 1, где численность молоди в ВГЛ (490 экз./м<sup>2</sup>) на порядок выше чем СГЛ и НГЛ (46 и 37 экз./м<sup>2</sup> соответственно).

В отличие от молоди, максимальные величины обилия всех четырех видов бокоплавов (размерами более 6 мм) отмечены в местообитании со слабо выраженной гидродинамикой (участок 3), что в принципе отвечает аутоэкологическим характеристикам анализируемых таксонов (Бек, 1977). Не удалось обнаружить явной приуроченности взрослых Amphipoda к определенному горизонту осушной зоны, только на участке 1 все виды бокоплавов в основном были сосредоточены в верхней литорали. Два таксона *G. setosus* и *G. zaddachi* обнаружены во всех горизонтах осушной зоны изученных местообитаний. Максимальной численности (29 и 37 экз./м<sup>2</sup> соответственно) они достигали в нижней литорали участка 3. *G. oceanicus* и *G. dubieni* отмечены не на всех станциях (например, не найдены в НГЛ участков 1 и 2), обычно (за исключением участка 3, СГЛ) имели единичную представленность. Для самых массовых форм - *Gammarus setosus* и *G. zaddachi* - были определены характеристики размерной и половой структуры поселений.

Размерная структура поселений *G. setosus* и *G. zaddachi* на исследованных участках во многом сходна. Здесь можно отметить, что в верхнем горизонте литорали изученных местообитаний особи относительно мельче – до 15 мм. В остальном явных различий в размерном распределении бокоплавов по горизонтам осушной зоны участков отмечено не было. Наибольших размеров оба вида достигали на илисто-песчаной с камнями литорали в проливе Подпахта (3): 32 мм для *G. zaddachi* и 24 мм для *G. setosus*. На этом же участке наблюдалось смещение размерной структуры поселений амфипод в сторону преобладания относительно крупных особей – более 15 мм. Основу поселений бокоплавов обоих видов составили в большинстве местообитаний самцы длиной 8 - 32 мм у *G. zaddachi* и 10 - 24 мм у *Gammarus setosus*. Самки оказались мельче, их размеры редко превышали 20 мм, а в основном в пробах преобладали особи длиной не более 15 мм. Такой характер летней организации поселений литоральных бокоплавов, с преобладанием неполовозрелых особей и со смещением соотношения полов в сторону доминирования самцов, характерен для Gammaridea (Бек, 1980; Цветкова, 1985).

Авторы выражают искреннюю благодарность за помощь в работе старшему научному сотруднику лаборатории пресноводной и экспериментальной гидробиологии Зоологического института РАН Н. А. Березиной.

**Зеленников О. В., Иванова Т. С., Мовчан Е. А., Мищенко О. В.**  
О результатах мониторинга нерестовой миграции производителей горбуши в районе о. Средний

Проблема интродукции горбуши на Европейском Севере России чрезвычайно остро обсуждается как исследователями, так и практиками. Вместе с тем аргументация для такого обсуждения представляется явно недостаточной, поскольку едва ли не все работы по исследованию горбуши в новом ареале относятся к первому, неудачному, этапу ее интродукции и выполнены в 50 - 80-е гг. (Агапов, 1986; Бакштанский, 1967, 1974; Персов, Саун, 1962; Персов и др., 1983; Саун, 1965; и др.). Работы по исследованию горбуши, завезенной в ходе второго этапа интродукции с Магаданской области, появились только в последние годы и являются пока крайне немногочисленными (Веселов и др., 2003; Гордеева, 2003; Гордеева и др., 2003). Однако фактически исследование только этой горбуши позволит судить как о ее промысловом значении, так и о влиянии на биоту морских и пресноводных экосистем бассейна Белого моря.

С 2001 г. сотрудниками кафедры ихтиологии и гидробиологии на базе МБС СПбГУ в районе о. Средний организовано наблюдение за нерестовой миграцией горбуши. Отлов производителей проводился с одинаковым промысловым усилием в течение каждых суток на протяжении всего периода учета в 2001 г. с 1 июня по 30 июля, в 2003 и 2005 гг. с 1 июня по 31 августа.

В 2001 г. производителей горбуши ловили практически исключительно с 7 по 18 и с 26 по 30 июля. В течение этих двух периодов выловили соответственно 81,9 и 14,3% от общего числа учтенных особей. В 2003 г. производителей горбуши ловили в период с 25 июня по 21 августа, однако абсолютное большинство (177 рыб) из 180 учтенных особей выловили в течение 4-х периодов: с 4 по 8 (14,4%) и с 14 по 27 июля (48,9%), с 29 июля по 7 августа (26,1%) и с 15 по 21 августа (8,9%). В 2005 г. в районе о. Средний произвели учет 91 производителя горбуши, при этом все особи были выловлены в течение трех периодов: с 3 по 7 (7,7%), с 14 по 22 июля (26,4%) и с 29 июля по 13 августа (65,9%). Таким образом, в течение всех трех лет наблюдений динамика нерестового хода горбуши в районе учетной точки носила явно выраженный волновой характер, так как это характерно для нее и в естественном ареале в бассейне Тихого океана.

Как известно, основным обстоятельством, которое определяет успешный нерест горбуши в бассейне Белого моря, является то, какая часть особей успеет отнереститься в период до 15 сентября, т.е. в сроки благоприятные для последующего развития молоди (Дягилев, Маркевич, 1979). Основной характеристикой производителей, которая позволяет спрогнозировать сроки нереста, является величина гонадо-соматического индекса у самок (ГСИ, отношение массы гонад к массе тела, %). Так, у самок выловленных в период с 26 по 30 июля (2001 г.) величина ГСИ составила  $10,0 \pm 0,2\%$ , с 29 июля по 7 августа (2003 г.) –  $16,3 \pm 0,8\%$ , с 29 июля по 13 августа (2005 г.) –  $16,9 \pm 0,7\%$  и с 15 по 21 августа (2003 г.) –  $23,5 \pm 0,9\%$ . Таким образом, у выловленных в море самок горбуши уже в середине августа величина ГСИ фактически достигла того значения, которое характерно для самок горбуши непосредственно перед нерестом, что позволяет прогнозировать достижение ими полового созревания в благоприятные сроки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант 04-04-49382.

***Иванов М. В.*** Долговременные сукцессионные процессы в бентосе под хозяйствами марикультуры

В воздействии хозяйств марикультуры на бентос под ними можно выделить несколько периодов: 1) хозяйство установлено впервые; 2) хозяйство постоянно функционирует; 3) хозяйство ликвидировано, воздействие исчезло. Эти периоды характеризуются специфичными сукцессионными процессами, проходящими в бентосном сообществе.

Первый период. С практической точки зрения наиболее интересный промежуток времени. В этот момент решается, как будет реагировать бентосное сообщество, до какой степени дойдет органическая нагрузка, насколько экологически безопасно будет данное хозяйство. Возможные варианты: 1) Практически (статистически значимо) ничего не изменится. 2) Бентосное сообщество изменится, но это не будет однозначно негативные

изменения. 3) Бентосное сообщество изменится явно негативно (как правило, это означает редукцию видового разнообразия макрозообентоса). Как долго длится этот первый период? Все зависит от того, насколько быстро установится постоянный, далее не увеличивающийся, поток органических веществ от марикультуры. Это могут быть недели, например, при садковой марикультуре рыб (Yokooyama, 2002; Crawford, 2003). Месяцы - от 6 до 18 - при выращивании моллюсков в относительно теплых акваториях (Иванов, Попова, 1973; Sivalingam, 1977; Fusui, 1984). Года - так, например, в Белом море биомасса мидий на искусственных субстратах увеличивается в течение 4 лет. В норме ограничением увеличения нагрузки почти всегда является снятие урожая и установка новых участков марикультуры. Длительность первого периода можно принимать равной времени товарного выращивания соответствующих гидробионтов.

Если рассматривать два основных вида марикультуры – садковое выращивание рыб и выращивание моллюсков фильтраторов, то можно сказать следующее: при выращивании рыб первый период в большинстве случаев заканчивается явно негативно, как правило, заморами и массовой гибелью макрозообентоса. В основном это связано с тем, что мы вносим в систему большое количество дополнительных аллохтонных органических веществ. При выращивании моллюсков, использующих естественные корма, складывающиеся ситуации гораздо более разнообразны. Например, для марикультуры мидий на Белом море мы отмечали как практически полное отсутствие воздействия на бентос, так и явное изменение структуры (сдвиг в сторону детритофагов) и количественных характеристик (увеличение на порядок общей биомассы) бентосного сообщества. В одном случае нами также был отмечен замор и соответствующие деграционные изменения в сообществе бентоса.

Если кислорода в придонных водах достаточно для окисления дополнительных органических веществ, то в этот период происходит грубая (но быстрая) настройка системы в ответ на изменение трофических условий. Изменения в первую очередь касаются соотношения трофических группировок – преимущество получают детритофаги. Основным медиатором (источником) изменений – свободные, доступные, никем не потребляемые органические вещества.

Второй период. Воздействие установилось. Он менее важен для практики. Уже все ясно: негативные последствия или есть, или нет, сообщество макробентоса выдержало и приспособилось или погибло. Однако с научной, теоретической точки зрения это очень интересный период. Начинается тонкая настройка сообщества на постоянную жизнь в условиях изменившейся (увеличившейся) органической нагрузки. Свободных, никем не используемых органических веществ больше нет. За них надо конкурировать. Основные изменения начинают происходить внутри группировки детритофагов. Данных по этому периоду очень немного. Это закономерно: с одной стороны, он практически мало значим, с другой, что бы уловить изменения требуются длительные, тщательные мониторинговые

исследования. Наши многолетние исследования бентоса под беломорской мидиевой культурой показывают, что при установившейся нагрузке общие показатели бентосного сообщества (биомасса, индексы видового разнообразия и т.д.) практически не меняются. Тем не менее, в группировке детритофагов ведущую роль у многощетинковых червей начинают перехватывать более крупные и долгоживущие животные – двустворчатые моллюски и иглокожие.

Третий период. Восстановление – возвращение к исходному состоянию после нарушения. Важно определить, что мы понимаем под исходным состоянием. И в научной литературе, и в практическом использовании основных вариантов два: 1 – считается, что сообщество восстановилось, когда состав, соотношение и количественные характеристики видов и более крупных таксонов вернулись к первоначальным; 2 – считается, что сообщество восстановилось, когда обобщенные характеристики сообщества (видовое разнообразие, суммарные биомасса, численность, поток энергии через сообщество) вернулись к первоначальным. В практической работе с марикультурой, как правило, используют оценку восстановления по обобщенным характеристикам. Это проще методически и, главное, позволяет констатировать восстановление бентосных сообществ за более короткие сроки. В статьях посвященных этому вопросу время восстановления после сильных нарушений определяли в 2 - 4 года, при этом отмечали, что структура восстановившегося сообщества значительно отличалась от контроля (Stenton-dozey et al. 1999; Pohle et al. 2001; Crawford, 2003). По нашим данным, беломорское бентосное сообщество, подвергнутое замору, восстановило основные характеристики через 2 года после ликвидации нагрузки. Однако и через 8 лет структура этого сообщества не вернулась к первоначальной.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ и ГФЕН Китайской Народной республики, грант 05-04-39011-ГФЕН\_a.

**Иванова Т. С., Коробулин В. В., Полякова Н. А., Лайус Д. Л.**  
Популяционные характеристики трехиглой колюшки района Керетского архипелага Кандалакшского залива Белого моря

Численность трехиглой колюшки *Gastrerosteus aculeatus* в Белом море увеличивается в течение ряда последних лет, и, соответственно, возрастает ее роль в прибрежных экосистемах. Однако об этом виде в Белом море известно до сих пор очень мало. Настоящая работа имеет своей целью исследование популяционных характеристик колюшки из района Керетского архипелага Кандалакшского залива Белого моря. В задачи исследования входило: изучение структуры нерестового стада колюшки; оценка индивидуальной и популяционной плодовитости; исследование роста; изучение структурных характеристик пула молоди, а также оценка численности и биомассы производителей и молоди.

Пробы собирали в 2006 г. на трех участках: в районе о. Малый Горелый (21 июня, 1 и 17 августа), в губах Сельдяная (27 июля) и Никольская (21 августа). Отлов рыб производили равнокрылым неводом (длина – 35 м, ячея 3 и 8 мм, мотня из газа с ячейей 1 мм). Площадь тони составляла около 800 м<sup>2</sup>. Пол рыб определяли визуально. Возраст определяли по жаберным крышкам. Длину рыб измеряли до начала лучей хвостового плавника.

Наиболее подробные данные получены для района о. Малый Горелый. Брачную окраску у самцов по визуальным наблюдениям отмечали начиная с середины июня. Анализ проб, полученных 21 июня, показал, что большая часть самок еще не отнерестилась. Это позволяет предположить, что трехиглая колюшка нерестилась в 2006 г. в конце июня – начале июля.

Средняя длина самок составляла  $59 \pm 0,3$  мм (от 45 до 71 мм), самцов –  $55 \pm 0,4$  мм (43 – 67 мм). Численность самок на нерестилище перед нерестом (21 июня) примерно вдвое превышала численность самцов (соотношение полов составляло  $310_{\text{♀}} : 144_{\text{♂}}$ ). Основная масса рыб имела возраст 3 – 4 года, рыб младше 3-х лет и старше 5 на нерестилищах отмечено не было. Самки растут быстрее самцов, в одном и том же возрасте длина их тела больше на 6 – 8 мм (табл. 1).

Абсолютная индивидуальная плодовитость самок ( $N=30$ ) составляет от 55 до 290 икринок (средняя  $165 \pm 3$  икринок) и описывается уравнением:

$P = 50 \cdot W - 0,85$  ( $R^2 = 0,69$ ), где  $P$  – плодовитость (шт.),  $W$  – масса рыбы (г).

Таблица 1. Линейный рост трехиглой колюшки в районе о. Малый Горелый

возраст	кол-во рыб		длина, мм		Масса, г	
	самки	самцы	самки	самцы	самки	самцы
0+	150		$13 \pm 0,3$		$0,02 \pm 0,003$	
3+	1	2	54	$46 \pm 3,0$	1,9	$1,6 \pm 0,4$
4+	23	23	$62 \pm 1,0$	$55 \pm 1,0$	$3,6 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,1$
5+	6	5	$66 \pm 1,0$	$59 \pm 1,0$	$4,7 \pm 0,3$	$3,3 \pm 0,1$

Численность и биомасса колюшек приведена в табл. 2. Численности самок 21-го июня 2006 г составляла 0,5 экз./м<sup>2</sup> или 12 экз./м берега, а икринок - около 90 шт./м<sup>2</sup> или 2000 шт./м берега.

Молодь колюшки примерно через месяц после нереста, 1-го августа, имела длину тела  $12,9 \pm 0,3$  мм (от 6 до 24 мм) при массе  $16 \pm 3$  мг. Через полмесяца, 17-го августа мальки в среднем были  $13,3 \pm 0,3$  мм длиной (от 7 до 21 мм) и  $27 \pm 2$  мг весом. Заметим, что 20-го августа 2005 г. молодь в этом районе была крупнее, средняя длина составляла  $16 \pm 0,2$  мм (от 12 до 24 мм), а рыбки менее 12 мм отсутствовали совсем. Размерное распределение молоди колюшки как 1, так и 17 августа 2006 г. значимо отклонялось от нормального, что свидетельствует о его неоднородности. Это, скорее всего, связано с несколькими пиками нереста, и, соответственно, с наличием



нескольких когорт молоди разного возраста. Численность и биомасса молоди не оставалась постоянной (табл. 2), при этом в сходные сроки в 2006 и в 2005 гг. численность молоди была очень сходной (около 300 экз./м берега).

Таблица 2. Показатели обилия трехиглой колюшки в районе о. Малый Горелый

Дата сбора материала	Н экз./м <sup>2</sup>	В г/м <sup>2</sup>	Н экз./м берега	В г/м берега
21 июня 2006, взрослые	0,8	2,5	18	55
1 августа 2006, молодь	5	0,1	120	2
17 августа 2006, молодь	15	0,4	320	9
20 августа 2005, молодь	11	0,6	300	17

Трехкратное увеличение численности молоди в первой половине августа было связано, очевидно, с миграциями. Как показали визуальные наблюдения в августе 2005 и 2006 гг., распределение молоди в окружающей акватории в данное время очень неравномерно от полного отсутствия мальков до достаточно плотных скоплений (порядка 100 – 200 экз./м<sup>2</sup>), ассоциированных в первую очередь с зарослями взморника *Zostera marina*.

Взрослые особи не были отмечены на нерестилище в районе о. Малый Горелый в августе, в то же время в других местах лова, в губах Никольская и Сельдяная взрослые колюшки в небольшом количестве (1 – 2 экз./м берега) были обнаружены и во второй половине лета. При этом в этих губах взрослые рыбы были несколько крупнее (на 3 – 5 мм).

Таким образом, в настоящей работе приведены количественные данные, описывающие популяцию трехиглой колюшки в районе МБС СПбГУ в 2006 г. Некоторые популяционные характеристики оказались сходными с 2005 г. В то же время, отмечена некоторая пространственная гетерогенность популяций. Результаты данной работы будут являться основой для сравнения с результатами дальнейших исследований.

**Кузнецова Е. К., Назарова С. А., Сухих Н. М., Полякова Н. В.**  
Зоопланктон озера Горелое (Керетский архипелаг Белого моря)

Озеро на о. Горелый, расположенное вблизи МБС СПбГУ, является типичным для Карелии лесным малым водоемом. Площадь поверхности озера составляет менее 2 Га, максимальная глубина 5,5 м, средняя – 3 м. С 2005 г. озеро Горелое стало полигоном многолетних комплексных исследований, проводимых в рамках учебной практики студентов кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ.

Целью данной работы стало описание количественных характеристик и пространственного распределения зоопланктона озера Горелое.

Сбор материала проводили в июне 2006 г. Для выбора точек отбора проб при помощи лота и GPS-навигатора «Garmin» была составлена батиметрическая карта озера. Было выбрано 3 станции: в прибрежной части (глубина 0,8 м), на участке со средними глубинами (2,8 м) и в центральной глубоководной части озера (глубина 4,5 м). Пробы зоопланктона отбирали в двух повторностях при помощи малой сети Джели (газ № 50) с площадью входного отверстия 0,01 м<sup>2</sup> методом вертикальной протяжки. Фиксация и обработка материала проведена по стандартной методике.

Видовой состав зоопланктона беден. Всего было отмечено 15 видов, из них 7 - Rotifera, 6 - Cladocera и 2 – Copepoda. Все эти формы являются типичными представителями малых гумифицированных озер Карелии. Средняя численность зоопланктона составила  $32,2 \pm 11,6$  тыс.экз./м<sup>3</sup>. Максимальная численность была отмечена на глубине 2,8 м и составила  $48,0 \pm 17,4$  тыс.экз./м<sup>3</sup>, минимальная – на глубине 0,8 м ( $6,7 \pm 3,4$  тыс.экз./м<sup>3</sup>). На всех станциях по численности преобладали Rotifera, составляя 50-90% от общей величины. Доля Copepoda невелика и в общей численности не превышала 20%, а на глубине 2,8 м они отсутствовали.

Достоверные изменения численности в зависимости от глубины показаны лишь для 3 видов. *Bipalpus hudsoni* и *Asplanchna priodonta* наибольшую численность имели на глубине 2,8 м ( $33,3 \pm 13,3$  тыс.экз./ м<sup>3</sup> и  $6,6 \pm 0,6$  тыс. экз./ м<sup>3</sup> соответственно), *Kellikottia longispina* – на глубине 4,5 м ( $16,9 \pm 0,9$  тыс.экз./ м<sup>3</sup>). Интересно, что *Keratella cohlearis* при практически постоянной численности играет заметную роль лишь в прибрежной части озера, составляя здесь 45% общей численности.

Средняя биомасса зоопланктона составила  $4,5 \pm 3,2$  г/м<sup>3</sup>. Максимальная величина –  $10,9 \pm 7,5$  г/м<sup>3</sup> отмечена на глубине 4,5 м, минимальная –  $0,072 \pm 0,035$  г/м<sup>3</sup> на глубине 0,8 м. По биомассе доминируют ветвистоусые ракообразные *Polyphemus pediculus*, составляя 60 - 80% от общего значения. Исключением является прибрежная часть, где *Cyclops scutifer* и молодь Copepoda составляли 80% общей биомассы. Коловратки не играют существенной роли в формировании биомассы сообществ.

По сравнению с данными 2005 г., в 2006 г. было выявлено большее количество видов. Так, в 2006 г. дополнительно были отмечены 4 вида Rotifera и 3 вида Cladocera, хотя, в то же время, видов Copepoda было обнаружено на 2 меньше, чем в 2005г. Возможно, это связано со временем отбора проб и различиями в погодных условиях середины июня 2005 и 2006гг.

Величины обилия в 2005 г. были существенно меньше, чем в 2006. Так, в 2005 г. максимальная численность  $7,6 \pm 2,8$  тыс.экз./ м<sup>3</sup> была отмечена в центральной части водоема, тогда как в 2006 г. численность зоопланктона на этой станции составляла  $39 \pm 5,5$  тыс.экз./ м<sup>3</sup>, а максимальная численность была  $48,0 \pm 17,4$  тыс.экз./м<sup>3</sup> на глубине 2,8 м.

Обобщая полученные данные, можно сказать, что видовой состав зоопланктона исследованного водоема беден и имеет ротаторно-клядоцерный характер. Наиболее низкий уровень развития сообществ наблюдается в прибрежной части озера.

*Мичилашвили О. А., Примаков И. М.* Зависимость распределения зоопланктона от освещенности и приливно-отливного режима

Изучение пространственно-временной динамики численности организмов морского зоопланктона в настоящее время является одним из перспективных и активно развивающихся направлений в морской биологии. На общем фоне, наименее изученными остаются факторы, обуславливающие микромасштабные неоднородности в распределении зоопланктона. Удобными полигонами для изучения подобного рода явлений могут служить небольшие приливные губы. Ранее (Башмачников, Примаков, 2000; Примаков, 2002) было показано, что зоопланктонное сообщество таких акваторий распадается на два комплекса видов, динамика численности одного из которых связана со временем суток, а другого – с фазой приливно-отливного цикла. Целью данной работы было детальное изучение зависимости микрораспределения зоопланктона от освещенности и приливно-отливных течений.

Материалом для работы послужили две суточные съемки, выполненные 31 июля и 8 августа 2005 г. в пр. Средняя Салма Керетской губы Кандалакшского залива Белого моря. Даты пробоотбора выбирались таким образом, чтобы во время первой суточной съемки полная вода совпадала с максимумом освещенности, а во время второй – приходилась на утренние и вечерние часы. Во время каждой суточной съемки были сделаны 7 горизонтальных протяжек протяженностью 10 м на глубинах 0, 1, 2 и 3 м. Пробоотбор осуществлялся приблизительно через каждые 3 часа и был привязан к приливно-отливному циклу. Также во время второй съемки были сделаны вертикальные протяжки от 10 до 3 м, чтобы оценить видовое разнообразие и динамику миграций зоопланктона. Горизонтальные протяжки осуществлялись планктонной сеткой с газом № 63 и диаметром входного отверстия 25 см (площадь сетки – 0.5 м<sup>2</sup>), вертикальные – замыкающейся сетью Джели с газом № 63 и диаметром входного отверстия 36 см (площадь сетки – 1.0 м<sup>2</sup>). Всего было собрано и обработано 55 проб.

В исследованный период в верхнем трехметровом слое в основном располагались гарпактицида *Microsetella norvegica*, науплиусы копепод, личинки брюхоногих и двустворчатых моллюсков и ветвистоусые ракообразные *Evadne nordmanni* и *Podon leuckarti*. Плотность веслоногих ракообразных *Oithona similis*, *Pseudocalanus minutus*, *Centropages hamatus* и *Acartia longiremis* увеличивалась с глубиной.

Анализ полученных данных показал, что в верхнем трехметровом слое воды на распределение зоопланктона наибольшее влияние оказывает

освещенность, в то время как в нижележащем слое (3 - 10 м) – приливно-отливной режим. Причем, если максимум освещенности приходится на полную воду (согласованное влияние факторов), максимальные численности планктона во всей водной толще приходится на малую воду, а минимальные – на полную. В случае несогласованного влияния, минимальные численности планктона в поверхностном слое приходится на максимум освещенности (независимо от приливно-отливного цикла), а в глубжележащих слоях, где влияние света ограничено, – на полную воду.

Таким образом, при изучении распределения и миграций зоопланктонных организмов в приливных морях, необходимо осуществлять привязку не только ко времени суток, как это делалось в большинстве классических работ (Богоров, 1941, 1948; Виноградов, 1968; Рудяков, 1986), но и обязательно к фазе приливно-отливного цикла.

***Петровский П. П., Степанова И. С., Морозов В. Ю., Раилкин А. И., Плоткин А. С.*** Влияние сообществ ламинарий, губок и мидий на химический состав придонного слоя

С использованием водолазной техники отбора проб морской воды было изучено влияние ряда типичных бентосных сообществ губы Чупа Белого моря на химический состав придонного слоя. В соответствии с предварительно полученными данными более детально были исследованы следующие показатели и компоненты морской воды: рН, содержание в воде аммонийного азота, фосфатов, кальция, растворенных аминокислот, суммарное содержание органических веществ (по перманганатной окисляемости). Определение указанных показателей производили общепринятыми химическими методами. На разных фазах приливно-отливного цикла в придонном слое отбирали по две пробы воды, каждая объемом 1 л. Отбор проб старались производить по возможности с небольшим временным промежутком как в массовых поселениях бентосных организмов, так и за их пределами со стороны течения, направленного на поселение.

Было установлено, что заросли ламинарий (в пр. Подпахта) обогащали придонный слой органическими веществами, в особенности аминокислотами. Вместе с тем, над зарослями снижалась концентрация соединений неорганического (аммонийного) азота. Их влияние на содержание фосфатов и ионов кальция в придонном слое оказалось весьма незначительным. При экспериментальном исследовании зарослей ламинарии было установлено, что влияние сообщества ламинарии на химический состав придонного слоя более выражено на приливе.

Сообщество губок (на вертикальной скале в бухте Никольская), как и ламинарий, увеличивало содержание в воде аминокислот. В дополнение к этому губки снижали содержание неорганического азота и фосфатов. Однако они фактически не влияли на рН и содержание в воде ионов кальция.

Мидии, образующие мидиевую банку в пр. Подпахта, потребляли кальций и фосфаты. Что касается аминокислот, то во время отсутствия выраженных течений (на малой и полной воде) наблюдалась тенденция выделения, а в периоды интенсивного движения воды, напротив, поглощения аминокислот. Мидии почти не влияли на рН и перманганатную окисляемость.

Полученные данные свидетельствуют об активном воздействии массовых поселений бентосных организмов на химический состав придонного слоя. Потребление (и выделение) тех или иных веществ бентосными организмами можно объяснить особенностями их питания и метаболизма.

В дополнение к морским опытам были поставлены лабораторные эксперименты в условиях Морского аквариального комплекса Биологического НИИ СПбГУ. В них те же объекты помещали на 2-ое суток в непроточную воду, контролем служила морская вода без биологических объектов. Было установлено, что ламинарии как и в море, выделяли в воду аминокислоты, причем их содержание уже на 1-ые сутки было примерно в 2 раза выше в лаборатории, чем в море, и несколько увеличивалось на 2-ые сутки. Возрастало и общее количество выделенной органики. Вместе с тем, как и в море, эти водоросли в лаборатории поглощали аммонийный азот. Их влияние на рН, содержание в воде фосфатов и кальция было незначительным. Губки в лабораторных условиях в больших количествах выделяли фосфаты, причем концентрация фосфатов в воде из-под губок была в 20 раз выше, чем в чистой воде. Они поглощали аммонийный азот и выделяли в воду аминокислоты в несколько большем количестве, чем в морских условиях. В лаборатории мидии обогащали воду аминокислотами и фосфатами, причем концентрация аминокислот была почти такой же, как над мидиевой банкой, а фосфатов в несколько раз выше, чем в море над поселением моллюсков.

Таким образом, результаты лабораторных опытов в целом соответствовали основным тенденциям, обнаруженным в морских условиях. Поэтому можно считать, что обнаруженное влияние массовых поселений ламинарий, губок и мидий на химический состав придонного слоя было обусловлено метаболизмом изученных бентосных организмов. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 05-04-48072.

***Полякова Н. В., Иванюкович А. А., Старков А. И.*** Структура сообщества зоопланктона мелководной литоральной ванны

Литораль морей с давних пор привлекает внимание исследователей. Очень часто здесь присутствуют углубления, заполненные водой даже во время отлива. Своеобразие физико-химических и биологических характеристик позволяют рассматривать их в качестве своеобразных облигатных водоемов.

В июле-августе 2004 г. в районе МБС СПбГУ начаты исследования литоральных ванн островов Керетского архипелага Кандалакшского залива Белого моря. В том числе исследованы 2 водоема о. Большой Горелый в районе пр. Сухая Салма, при этом обойдена вниманием третья самая крупная ванна с площадью около 4 Га. В июле 2006 г. здесь проведена разовая съемка зоопланктона для предварительной оценки его структурных характеристик и пространственного распределения. Глубина ванны не превышала 1 м, соленость составляла 18 - 20‰. Условно ванна разделена на 2 части – ближняя к морю и имеющая постоянную связь с ним, и отдаленная, связанная с морем только во время прилива, отделенная от первой небольшой косой. Всего было выбрано 8 станций по мере удаления от моря, на которых были отобраны пробы зоопланктона путем фильтрации 100 л воды через конус (газ № 70). Параллельно тем же способом отобран материал в море для сравнения видового состава. Соленость в море составила 16‰. Фиксация и обработка материала проведена по стандартной методике.

Всего обнаружен 21 вид зоопланктона, в том числе 6 представителей меропланктона. Коловратки представлены двумя видами с единичной встречаемостью. Основную роль в видовом составе играют ракообразные, в первую очередь Copepoda. Все указанные формы являются типичными представителями морского планктона, за исключением нескольких видов с единичной встречаемостью, присутствие которых в пробах случайно. Наиболее часто в достаточно больших количествах были отмечены *Evadne nordmanni*, *Podon leucartii*, *Oithona similis*, *Acartia longiremis*, *Centropages sp*, *Microsetella norvegica*, *Ectinosoma neglectus*, *Gastropoda* juv. Все эти формы относятся к комплексу массовых видов Белого моря и присутствуют так же в пробе, взятой в прибрежной части моря, рядом с ванной. В ванне отмечена некоторая пространственная неоднородность распределения отдельных видов. По мере удаления от моря исчезают личинки *Bivalvia* – в море их численность составляла 2500 экз./м<sup>3</sup>, в ближней к морю части ванны 85 экз./м<sup>3</sup>, в дальней они отсутствовали на всех 4 станциях. Численность некоторых ракообразных также снижается в 2 - 3 раза. Напротив, численность личинок *Gastropoda* возрастает на порядок и максимальных значений (2,1 тыс.экз./м<sup>3</sup>) достигает на наиболее удаленных от моря станциях.

Численность в ванне составила в среднем  $1,5 \pm 0,26$  тыс.экз./м<sup>3</sup>, что значительно ниже, чем в прибрежной части моря, где указано 6,7 тыс.экз./м<sup>3</sup>. Видимо, это объясняется небольшой глубиной ванны и, соответственно, более высокой температурой и соленостью. В соседней ванне с глубиной 4 м численность зоопланктона выше на порядок, и значительно превышает соответствующие показатели для моря. Пространственная неоднородность выражена слабо: в ближней к морю части численность составляла  $1,1 \pm 0,37$  тыс.экз./м<sup>3</sup>, в дальней  $1,7 \pm 0,34$  тыс.экз./м<sup>3</sup>. Наибольшую долю (35%) составляли личинки *Gastropoda*. Также на отдельных станциях большую роль играли *Ectinosoma neglectus*, *Evadne nordmanni*, *Oithona similis* (максимальная численность для них отмечена 1800 экз./м<sup>3</sup>, 350 экз./м<sup>3</sup>,

700 экз./м<sup>3</sup> соответственно), составляя более 10% от средней численности зоопланктона.

Таким образом, показано, что состав зоопланктона мелководной литоральной ванны представляет обедненный комплекс морских видов.

**Полякова Н. А., Лайус Д. Л., Иванова Т. С.** Флуктуирующая асимметрия колюшки *Gasterosteus aculeatus* района Керетского архипелага Кандалакшского залива Белого моря

Одним из методов оценки состояния популяций является анализ стабильности развития с помощью флуктуирующей асимметрии (ФА), которая представляет собой случайные отклонения от билатеральной симметрии. Показано, что при стрессе различной природы, в частности, при неблагоприятных внешних условиях, уровень ФА в популяциях повышается. Мы использовали данный подход для исследований популяций трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus*, одного из ключевых видов прибрежных экосистем Белого моря. Кроме ФА была изучена также изменчивость средних значений морфометрических признаков.

Пробы собирали в следующих районах Керетского архипелага: устье р. Кереть (июль 2005 г., N = 15 и июль 2006 г., N=37), район о. Малый Горелый (1 июля 2006 г., N=15), губа Сельдяная (21 августа 2006 г., N=15), губа Никольская (27 июля 2006 г., N=55). Выборки незначительно отличались по размеру рыб (средняя длина тела, измеренная до начала лучей хвостового плавника, варьировала от 62,1 до 65,4 мм).

На сканированных изображениях костей черепа и передних конечностей в программе ImageTool определяли координаты точек, наиболее полно характеризующих их форму. В результате предварительного исследования были выявлены точки, обладающими наименьшей ошибкой измерения. Признаками (выбран 61 признак) служили расстояния между этими точками на шести парных костях черепа и пояса передних конечностей.

Для анализа средних значений признаков был проведен кластерный анализ на основе средневыборочных значений главных компонент, описывающих форму костей (PC2 - PC13). Этот анализ показал, что наиболее сильно от остальных отличалась выборка из губы Сельдяная, две выборки из устья реки Кереть по совокупности признаков друг от друга практически не отличаются, но отличаются от выборок из губы Никольская и района острова М. Горелый. Выборки отличались также по количеству боковых пластинок, причем число пластинок в выборке из губы Сельдяная ( $31,3 \pm 0,42$ ) было ниже, чем в выборках из района о. Малый Горелый ( $32,8 \pm 0,16$ ;  $p < 0,01$ , t-тест) и губы Никольская ( $32,2 \pm 0,31$ ,  $p = 0,06$ , t-тест).

Для оценки ФА выборки были ранжированы по средневыборочным значениям асимметрии, рассчитанным по формуле  $FA = |R-L| / 0.5(R+L)$ . Различия между выборками оказались достоверными (коэффициент согласованности Кендалла,  $W = 0,089$ ,  $p < 0,001$ ). Все выборки можно

разделить на три группы по мере возрастания уровня ФА. Самая низкая асимметрия наблюдалась в выборке из губа Сельдяная, более высокая в выборках из устье р. Кереть 2006 г. и из губа Никольская, и еще более высокая – в выборках из района о. Малый Горелый и устье р. Кереть 2005 г.

Оценка ФА колюшки также производилась по количеству боковых пластин с правой и левой стороны. Расчет ФА производился для трех выборок (район о. Малый Горелый, губы Сельдяная и Никольская) по формуле, указанной выше. Уровень асимметрии в выборке из губы Сельдяная оказался достоверно выше, чем в двух других выборках ( $p < 0,05$ ; t-тест).

Таким образом, внутри относительно небольшого района Керетского архипелага наблюдается пространственная гетерогенность трехиглой колюшки по уровню флуктуирующей асимметрии и средним значениям морфологических признаков. При этом наиболее сильно отличается от остальных колюшка из губы Сельдяная. Можно предположить две возможные причины возникновения данной гетерогенности: (1) генетические отличия, связанные с пространственной изоляцией, (2) различные условия среды, оказывающие влияние на колюшку, в первую очередь, на молодь, обладающую меньшей подвижностью. Однако полученных к настоящему времени данных еще недостаточно для однозначных выводов.

*Полякова Н. В., Чужекова Т. А., Сухих Н. М.* Сообщества планктонных и донных беспозвоночных ручья Никольский

Система Никольских озер, расположенная на Карельском берегу Белого моря, давно привлекала внимание специалистов кафедры ихтиологии и гидробиологии биолого-почвенного факультета СПбГУ. Здесь, наряду с научной работой, на протяжении многих лет проводится комплексная практика студентов кафедры. Особое внимание посвящено озеру Никольская Ламба, которое является полигоном для многолетнего мониторинга. Тем не менее, ручьи, соединяющие озера, оказались обойденными вниманием. Особый интерес вызвал ручей, впадающий в губу Никольская Белого моря и вытекающий из озера Никольская Ламба. Основой для настоящей работы послужили пробы зоопланктона и макрозообентоса, собранные 30 августа 2006 г. Целью работы явилось рекогносцировочное исследование биоты ручья.

Ручей имеет протяженность около 1,5 км, ширину 2 - 4 м, небольшие глубины, обычно не превышающие 1 м. Течение сильное, особенно в средней части ручья, дно каменистое, что обуславливает большое количество перекатов. Необходимо отметить присутствие ручьевого форели.

Всего было выбрано 4 точки для отбора проб: недалеко от выхода ручья из озера Никольская Ламба, две в средней части ручья и последняя недалеко от выхода в море. Пробы зоопланктона взяты путем фильтрации 100 литров воды через планктонный конус с газом № 70. Всего взято 2 количественные



пробы зоопланктона в верхнем и нижнем участках ручья и для сравнения взята проба зоопланктона непосредственно в озере Никольская Ламба. В центральной части ручья пробы зоопланктона взяты качественно. Пробы зообентоса брали зубчатым дночерпателем Петерсена, площадью 1/40 м<sup>2</sup>. Всего взято 2 количественные и 2 качественные пробы макрозообентоса.

В составе зоопланктона обнаружены представители 20 видов беспозвоночных, в том числе 17 видов ветвистоусых, 3 - веслоногих ракообразных. Интересно, что нами не отмечено ни одной коловратки как в ручье, так и непосредственно в озере, где ранее указывали порядка 10 видов коловраток. Возможно, это определено временем и методикой отбора проб. Всего в озере отмечено 15 видов ракообразных, с общей численностью 20 тыс. экз./м<sup>3</sup>.

Наиболее интересной оказалась первая станция на ручье, расположенная неподалеку от озера. Течение здесь достаточно слабое, глубина составила около 70 см. Ширина ручья 3 м. На этой станции отмечены все 20 указанных видов зоопланктона. Хотя количество видов по сравнению с озером здесь несколько выше, численность значительно ниже и составляет 6,5 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Несмотря на это, значение индекса видового разнообразия Шеннона здесь очень высоко и достигло 4, тогда как в озере эта величина составляла всего 1,5, что указывает на бедность видового состава. Необходимо отметить, что более 50% от общего списка ветвистоусых ракообразных в ручье составляют представители семейства Chydoridae, обычно небольшие планктобентосные рачки, типичные обитатели зарослей макрофитов. Они же составляют около 40% общей численности зоопланктона. Интересно, что на этой станции нами обнаружены виды хидорид, не отмеченные ранее для других водоемов данного региона. Особо можно выделить *Anchistopus emarginatus* – паразита гидр, присутствовавшего в достаточно больших количествах (400 экз./м<sup>3</sup>). В озере доля хидорид в численности значительно ниже – всего 7,5%, а 90% приходится на долю прочих ветвистоусых, в первую очередь *Ceriodaphnia pulchella*. Веслоногие ракообразные не представляют интереса, играя слабую роль как в видовом списке, так и в численности зоопланктона. Таким образом, можно говорить с одной стороны о сходстве зоопланктона верхнего участка ручья и о влиянии на него выноса озерного планктона, и с другой - о специфических условиях на этом участке, в результате чего мы видим некоторые особые черты сообщества. В среднем течении ручья представителей зоопланктона не обнаружено, что связано с сильным течением и небольшой глубиной ручья на этом участке. Единичные представители семейства Chydoridae отмечены только в пробах грунта и соскобе с камней. В нижнем течении ручья состав зоопланктона крайне беден, включал только один вид - *Ceriodaphnia pulchella*, а также молодь ракообразных. Общая численность составила 100 экз./м<sup>3</sup>.

Зообентос представлен 24 таксонами беспозвоночных, из них 22 - насекомые. По видовому разнообразию преобладают ручейники и двукрылые – 8 и 6 таксонов, другие группы были представлены единично. В основном это реофильные формы. Наиболее богатый видовой состав был отмечен в

верховье на станциях № 1 и № 2 – 11 и 12 таксонов соответственно. Среди них в массе встречались веснянки (*Diura* sp.), поденки (*Leptophlebia vespertina*) и ручейники (*Lype* sp.). Численность зообентоса на станции № 1 составляла 1000 экз./м<sup>2</sup>. На станциях № 2 и № 3 грунт состоял из крупных камней, обросших водорослями, поэтому пробы были взяты качественно. Нижнее течение ручья оказалось более бедным по видовому составу – на станции № 3 были отмечены единичные экземпляры жуков *Spercheus* sp. на станции № 4 - двукрылые *Chironomus* sp., чья численность достигала 8000 экз./м<sup>2</sup>. Таким образом, максимальным обилием характеризуется нижний участок ручья, хотя видовое разнообразие здесь минимально.

Таким образом, показана неоднородность биоты ручья. В дальнейшем мы планируем провести сезонные наблюдения над сообществами зоопланктона и макрозообентоса.

**Снетницкая Н. А., Гогорев Р. М.<sup>1</sup>, Иванов М. В.** К оценке питания беломорских культивируемых мидий фитопланктоном

<sup>1</sup>Ботанический институт РАН

Фитопланктон является одним из основных объектов питания животных - фильтраторов, в том числе и широко использующихся в аквакультуре двустворчатых моллюсков *Mytilus edulis* L. Вместе с тем, сообщество фитопланктона включает разнообразные виды водорослей, отличных по размеру, форме, структуре. Не все водоросли в равной степени могут использоваться в питании (Bougrier et al., 1997). В первую очередь ограничением для фильтрации может служить форма и размер фитопланктона (Dunphy et al., 2006). Также, как показывает ряд проводимых исследований, помимо механической сортировки пищи, двустворчатые “осознанно” способны выбирать те виды, которые не будут поступать в желудок (Hughes, 1975; Shumway et al., 1985). И даже после того, как фитопланктон попал в желудок, не факт, что он будет переварен (Иванов и др., 1989). Мидии Белого моря, как из естественных популяций, так и культивируемые, с этой точки зрения мало изучены. Изучение селективности (избирательного потребления) и усвоения мидиями различных видов фитопланктона являлось целью нашей работы. Мы изучали потенциальную и реальную кормовую базу *M. edulis* на трех стадиях ее существования, выясняя качественные и количественные характеристики фитопланктона: в море, в желудках и в пеллетах мидий.

Сбор материала проводили с 17 по 19 июля 2006 г. в двух акваториях, используемых под марикультуру мидий в Кандалакшском заливе Белого моря. Возле о. Соностров в настоящее время выращивают мидий в промышленных масштабах. В губе Никольская на момент исследования хозяйство не функционировало.

Пробы фитопланктона в воде отбирали батометром объемом 1 л с глубины 2 м на четырех станциях: две станции в акваториях марикультуры и

две в открытом море на выходе из этих акваторий. Для исследования содержимого желудка было выбрано 5 размерных классов моллюсков: 3, 4, 5, 6 и 7 см длиной. Мидий помещали в садки из дели с ячейей 2 см по 10 штук в каждый, под ними подвешивалась емкость для сбора фекалий и псевдофекалий. Возле о. Соностров садки с мидиями выставляли на сутки, в губе Никольская на 3 суток. После экспозиции садков проводили сбор фекалий (псевдофекалий на обеих точках обнаружено не было) и в лабораторных условиях вскрывали желудки мидий, собирали и фиксировали их содержимое. Пробы фиксировали раствором Люголя.

В пробах, взятых в акваториях марикультуры, по сравнению с пробами из открытого моря, наблюдалось большее видовое разнообразие и численность фитопланктона, 360 тыс. и 300 тыс. кл./л в районе соностровского марихозяйства и 27 тыс и 6,5 тыс кл./л в губе Никольская соответственно. Эти различия можно объяснить повышенным содержанием биогенных элементов в зонах культивации мидий (Соловьева и др., 1982; Галкина, Кулаковский, 1977). Наиболее часто встречающийся в пробах воды вид – *Skeletonema costatum* (отд. Bacillariophyta), составляет около 97% от общей численности. Он весьма характерен для Белого моря в летне-осенний период. Наибольшая численность *S. costatum* была обнаружена на станции возле соностровского марихозяйства - около 350 тыс. кл./л.

В желудках и пеллетах мидий наблюдается большее видовое разнообразие фитопланктона по сравнению с пробами воды. Оно обусловлено высокой долей бентосных видов. Это можно объяснить тем, что друзы мидий, а также понтоны и другие инженерные сооружения на которых выращиваются мидии, являются для бентосных форм фитопланктона хорошим субстратом. Такие данные сходны, например, с работой Kasimi и Mukai (2006), которые показали, что в желудках двустворчатых моллюсков *Crassostrea gigas* и *Ruditapes philippinarum*, бентосные виды диатомовых составляли более 70% видового разнообразия. Видовой список фитопланктона в желудках и пеллетах практически полностью перекрывается. В пеллетах встречено 3 вида, не обнаруженные в желудках, но это редкие единичные находки немассовых видов. Наиболее массовый в воде вид *S. costatum* в желудках и пеллетах мидий также является наиболее значимым, составляя по численности и биомассе более 70%, остальные 25 - 30% составляют бентосные виды.

Массовые виды *S. costatum*, *Cocconeis scutellum* которые составляют основу питания мидий, перевариваются полностью. Однако в желудках и фекалиях моллюсков были найдены живые (непереваренные) клетки диатомовых водорослей *Aulacosira* sp., *Rhabdonema* sp. (доля живых клеток более 30% от численности этих видов), *Synedra investens*, *Grammatophora marina*, *Navicula* sp. (более 10%) и некоторых других видов, встречающихся единично. Эти виды также значимые в питании (5 – 1%), но они перевариваются не полностью (80-50%). Живые цепочки клеток *Rhabdonema* sp. и *Aulacosira* sp. в желудках и пеллетах достигали длины 250 - 300 мкм, составляя около 47%. Соответственно, 53% этих же видов

составляли отдельные (не в цепочках) клетки, которые были найдены в желудках и пеллетах переваренными.

В заключение отметим: в открытом море наблюдается меньшее разнообразие и численность фитопланктона по сравнению с акваторией марикультуры. В желудках мидий обнаружены все виды фитопланктона, которые были найдены в воде. Количественные пропорции массовых видов фитопланктона в воде и желудках моллюсков также сходны. Исключение представляет значительная доля в желудках мидий бентосных форм фитопланктона, которые не представлены в воде. Таким образом, явно выраженной избирательности в питании беломорских мидий мы не наблюдали. Большинство видов фитопланктона, входящих в рацион мидий, полностью усваиваются; небольшая часть клеток, состоящих из длинных цепочек, переваривается частично (около 70%).

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ и ГФЕН Китайской Народной республики, грант 05-04-39011-ГФЕН\_а.

**Старков А. И., Полякова Н. В.** Зоопланктон солоноватоводных наскальных ванн островов Кандалакшского залива Белого моря

Наскальные ванны являются широко распространенными элементами ландшафта островов Кандалакшского залива Белого моря. Одним из основных свойств является экстремальность условий существования, что вызвано небольшими размерами водоемов и резкими колебаниями физико-химических характеристик в течение сезона.

С 2004 г. начаты исследования каскадов ванн, соленостью от 1 до 32‰. В отдельные моменты соленость могла достигать 40‰, что связано с испарением при продолжительном отсутствии осадков. Основой для данной работы послужили пробы, отобранные в 2005 - 2006 гг. на о-вах Луда Медянка и Луда Седловатая. Исследованные водоемы (около 30) достаточно разнообразны. Площадь составила от 0,1 до 20 м<sup>2</sup>, глубина от 5 до 70 см, высота над нулем глубин от 0,5 до 4 м.

Съемки проводили в июне-августе с интервалами от 10 до 20 - 30 суток. Сбор материала осуществляли фильтрацией 0,2-20 л воды через сито № 70. Фиксация и обработка материала проведена по стандартной методике.

Видовой состав планктонных сообществ солоноватоводных водоемов характеризуется крайней бедностью, даже по сравнению с пресноводными наскальными ваннами и близлежащими озерами, а также непосредственно морской фауной. Из массовых форм беломорского зоопланктона нами отмечены единично молодь *Centropages*, *Podon* и некоторые организмы меропланктона.

Всего обнаружено 50 таксонов зоопланктона, их число в отдельных ваннах не превышает 10. Все отмеченные виды характеризуются очень низким процентом встречаемости, редко превышая 50%. Преобладающей по численности группой в большей части исследованных ванн были

представители Copepoda (всего 14 видов). Причем достаточно важную роль играют Harpacticoidae - нами отмечены представители 6 таксонов, однако, возможно, при более детальном определении видовые списки будут расширены. Интересно отметить, что комплекс массовых видов солоноватоводных ванн представлен только веслоногими ракообразными *Eurytemora hirundoides* и *Harpacticus uniremis*. В ряде ванн *Harpacticus uniremis* является единственным видом, причем плотность его достигает 800 экз./л. Для сравнения – в пресноводных ваннах выделено 14 массовых форм планктонных коловраток и ракообразных.

Cladocera (10 видов) преобладают в опресненных водоемах с соленостью не более 3‰. Лишь *Daphnia arctica* обнаружена в двух ваннах о. Седловатая Луда с соленостью более 10‰. Таким образом, роль ветвистоусых ракообразных в солоноватоводных системах незначительна. Низкими являются как их видовое разнообразие, так и количественные характеристики.

Наибольшее число видов (22) отмечено для Rotifera, притом, что количественные характеристики обычно низки. Хотя в отдельные периоды отмечены вспышки численности для отдельных видов. Так, например, численность *Hexarthra* sp. в одной из ванн о. Луда Медянка достигала 12 тыс.экз./л. Интересно отметить, что 7 видов коловраток отмечено как в пресных, так и в ваннах зоны заплеска с достаточно высокой соленостью.

В целом, величины обилия на порядок ниже, чем в пресноводных ваннах. Средняя численность колебалась от 1 до 1200 экз./л, биомасса - от 0,03 до 200 мг/л.

При достаточно сходных общих характеристиках зоопланктона о-вов Луда Медянка и Луда Седловатая, отмечены некоторые отличия, в первую очередь по видовому составу. Так, если в ваннах о. Луда Медянка доминировали *Eurytemora hirundoides*, то на о. Седловатая Луда они отмечены в небольших количествах только в 2006 году, и несомненным доминантом является *Harpacticus uniremis*, отмеченный здесь в 90% ванн.

Таким образом, для солоноватоводных наскальных ванн наблюдается сильная неоднородность видового состава, с преобладанием веслоногих ракообразных, в основном Harpacticoidae.

**Стогов И. А.** Зоопланктон наскальных ванн островов Белого и Балтийского морей

В рамках многолетнего мониторинга наскальных ванн, проводимого на беломорских водоемах с 1990 г. (Стогов и др., 1992-2006) была предпринята попытка расширить наши представления об организации биоты этих своеобразных водоемов. Был обработан материал, собранный 18 - 20 июня 2006 г. на 11 водоемах островов архипелага Большой Фискаар (о-ва Восточный, Кизема, Большой Фискаар), о-вах Малый Фискаар и Долгий Риф (северная часть Финского залива Балтийского моря) м.н.с. лаборатории

экологии и охраны птиц БиНИИ СПбГУ А. Л. Рычковой, которой автор выражает искреннюю благодарность. Пробы зоопланктона отбирали фильтрацией 2 - 10 л воды через планктонное сито № 70, последующая фиксация и обработка материала проводилась по стандартной методике.

Интересно, что планктонные беспозвоночные, достигающие высоких величин обилия в наскальных ваннах островов северной части Финского залива Балтийского моря, характерны и для наскальных ванн островов Керетского архипелага Кандалакшского залива (Стогов и др., 1996), а также для побережья Баренцева моря (губы Тюва, Ярнышная, Порчниха, Прибойная) (Стогов и др., в печати). Это ветвистоусые *Daphnia magna*, *D. longispina*, *Chydorus sphaericus*, *Dyaphanosoma brachyurum*, коловратки *Brachyonus caliciflorus*. В планктоне довольно обычны ранние стадии личинок комаров сем. Chironomidae и ракушковые рачки Ostracoda. Структурные показатели зоопланктона исследованных водоемов приведены в таблице.

остров	NN ванны	N, тыс.экз/м <sup>3</sup>	B, г/м <sup>3</sup>	доминанты
Восточный	5	135.0	0.177	<i>Brachyonus caliciflorus</i>
	6	8.7	0.012	<i>Brachyonus caliciflorus</i>
Кизема	7	0.4	0.002	<i>Chydorus sphaericus</i>
Бол.Фискаар	11	27.6	1.541	<i>D.magna</i>
Мал.Фискаар	1	187.2	10.923	<i>D. longispina, D.magna</i>
	2	118.2	10.043	<i>D. longispina, D.magna</i>
	3	67.0	0.624	<i>D. longispina, D.pulex</i>
	4	12.6	0.020	<i>Brachyonus caliciflorus</i>
Долгий Риф	8	336.0	2.639	<i>Dyaphanosoma brachyurum</i>
	9	214.3	8.703	<i>D.magna</i>
	10	178.0	9.085	<i>D. longispina, D.magna</i>

Олигомиксный характер планктонных сообществ (в отдельных водоемах отмечено от 3 до 7 форм) и довольно неоднородные, от низких до чрезвычайно высоких, величины обилия, отмеченные в наскальных ваннах островов северной части Финского залива, типичны для водоемов подобного типа, расположенных на побережье Белого и Баренцева морей.

В пресноводных водоемах, как правило, расположенных выше 4 - 5 м над уровнем моря, обычно доминируют ветвистоусые ракообразные *Daphnia magna*, *D. pulex*, *D. longispina*, *Chydorus sphaericus* и *Bosmina longirostris*, в водоемах же, расположенных не выше 3 - 4 м над уровнем моря и подверженных штормовым забрызгам, обычно преобладают веслоногие ракообразные - копеподы *Eurytemora affinis* и харпактициды родов *Harpacticus* и *Ectinosoma*, а также коловратки сем. Brachyonidae.

**Стогов И. И., Стогов И. А.** Продукционные показатели личинок вислокрылок *Sialis morio* (Megaloptera) в малых водоемах Карельского побережья Белого моря

Оценка продукционных характеристик хищных водных беспозвоночных, к которым относятся и личинки насекомых сем. Sialidae (Megaloptera), в связи с трудностями их количественного учета, непростая. В монографии С. М. Голубкова (2000), посвященной функциональной экологии личинок амфибиотических насекомых, сведения о сиалидах базируются на материалах, полученных на озерах Кривое и Круглое (Финогенова, Алимов, 1975) и немногочисленных североамериканских источниках.

Целью настоящей работы является предварительная оценка функциональных показателей личинок вислокрылок сем. Sialidae в малых озерах Карельского побережья Белого моря. Основой послужили материалы, собранные на базе МБС СПбГУ в августе-сентябре 2006 г. на озерах Большое (о. Средний) и Нижняя Летняя Ламба. Всего отловлено 219 личинок, у которых измеряли длину и массу тела, а также ширину головной капсулы. Фиксация проведена формалином до 4%-ной концентрации в растворе.

Личинки вислокрылок *Sialis morio* довольно обычны в литоральной зоне исследованных водоемов, их встречаемость в количественных дночерпательных пробах на глубинах 1 - 3 м составляет 50 - 70%. Показатели обилия изменяются в довольно широких пределах: численность изменяется от 3 до 200 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – от 0,1 до 3,6 г/м<sup>2</sup>. Максимальные показатели обилия обычно отмечаются на грунте в зарослях кубышки и ежеголовника, существенно превышая численность и биомассу личинок сиалид на листьях и побегах (Стогов и др., 2006).

Длина тела у фиксированных личинок вислокрылок *Sialis morio* по нашим данным колебалась в пределах 4,5 - 25,0 мм, масса - 0,6 - 88,0 мг, что соответствует размерным характеристикам этих гидробионтов в водоемах Северной Европы.

В ходе комплексных исследований водоемов Карельского побережья Белого моря, проводимого специалистами Зоологического института РАН и МБС СПбГУ с 2000 г., в связи с тем, что при анализе питания рыб в желудках хорошо сохраняются лишь фрагменты гидробионтов, возникла необходимость оценки биомассы личинок насекомых по размеру головных капсул.

Параметры уравнений линейной функции, описывающих соотношение между длиной тела (L, мм) и шириной головной капсулы (d, мм) личинок *Sialis morio* в двух исследованных водоемах, различались недостоверно, в связи с чем были рассчитаны параметры обобщенного уравнения

$$L = (0.86 \pm 0.32) + (7.76 \pm 0.24) d \quad (R^2=0.93, n=219).$$

Уравнение зависимости массы тела (W, мг) от длины (L, мм) личинок *Sialis morio* в исследованных водоемах аппроксимируется степенной зависимостью

$$W = (0.021 \pm 0.004) L^{(2.485 \pm 0.071)} \quad (R^2=0.85, n=219).$$

На основании анализа размерно-частотной структуры личинок сиалид в исследованных водоемах в августе и сентябре 2006 г. определена скорость весового роста  $C_w$  этих беспозвоночных, которая в озере Большое в среднем составила  $0,032 \text{ сутки}^{-1}$ , в озере Нижняя Летняя Ламба –  $0,030 \text{ сутки}^{-1}$ .

Таким образом, Р/В-коэффициенты личинок *Sialis morio* в водоемах северной Карелии ориентировочно составляют 11 - 12 за год, и вполне сопоставимы с продукционными показателями личинок насекомых с семи- и моновольтинным типом жизненного цикла (Голубков, 2000).

Авторы выражают благодарность ассистенту кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ Е. А. Мовчан за помощь в сборе материала.

**Таборский Д. А., Чанг С.<sup>1</sup>, Католикова М. В., Иванов М. В., Лайус Д. Л.**  
Оценка состояния культивируемых мидий *Mytilus edulis* L. в районе о. Соностров (Кандалакшский залив Белого моря)

<sup>1</sup>Первый институт океанографии, SOA, Циндао, Китайская Народная Республика

Широко распространенный объект марикультуры мидии *Mytilus edulis* L. являются фильтраторами, поэтому на их состояние большое влияние оказывают гидродинамические условия, во многом определяющиеся локальными условиями акватории и плотностью поселения моллюсков на субстратах. Для совершенствования методики культивирования моллюсков необходима всесторонняя оценка их состояния и выявление факторов, которые на него влияют. Целью настоящего исследования является изучение влияния условий культивирования на беломорских мидий с помощью комплексной оценки состояния популяций. У культивируемых мидий исследовали биохимические показатели и флуктуирующую асимметрию (случайные отклонения от полной симметрии).

Две выборки мидий были собраны в акватории соностровского хозяйства марикультуры 11 августа 2006 г.: 1) участок марикультуры, установленный в 2000 г., с географическими координатами N66°09.861; E34°12.332, расположенный в кутовой части акватории в условиях относительно невысокой проточности, глубина под участком 12 - 13 м; объем выборки 27 особей 2) участок марикультуры установленный в 2001 г., 66°09.737N; 34°12.778E, расположенный в проливе между материком и о. Соностров, в условиях более высокой проточности, глубина под участком 14 - 15 м; объем выборки 19 особей.

Средний размер мидий с участка 1 составил 4,0 см (от 1,9 до 7,6 см), с участка 2 - 6,2 см (3,7 - 8,5 см), при этом возраст подавляющего большинства моллюсков составлял 6 и 5 лет соответственно.

Для биохимического анализа мягкие ткани моллюсков высушивались при температуре 45°C, дальнейший анализ проводили в Первом институте океанографии в г. Циндао, КНР. Пробы размельчали в дистиллированной воде и жидком азоте, центрифугировали при 8000 об./мин 5 мин и определяли содержание жиров с помощью фенол-купоросного метода,



белков – с помощью метода Бредфорда и углеводов – с помощью MFA-GC метода. Средневыборочное содержание углеводов для моллюсков из выборки 1 составило 0,075г вещества на 1г сухого веса тканей, для выборки 2 - 0,080 г/г; содержание жиров составило 0,089 г/г и 0,084 г/г соответственно. По этим показателям выборки достоверно не отличались. Содержание белков в выборке 1 (0,216 г/г) оказалось достоверно (t-тест,  $p < 0.001$ ) ниже, чем в выборке 2 (0.293 г/г).

Для анализа флуктуирующей асимметрии (ФА) створки раковин сканировали при разрешении 800 dpi, изображения анализировались в программе Image Tool 1.27. На изображение наносились метки, характеризующие форму отпечатков мускулов на внутренней стороне створок (метки выбирались исходя из литературных данных и опыта предыдущей работы). Программа позволяла получать координаты этих меток. В качестве признаков использовались расстояния между метками. Изначально было выбрано 74 признака. Для 25 признаков была обнаружена направленная асимметрия (достоверные отличия значений признака справа от значений слева), эти признаки были исключены из дальнейшего анализа. ФА каждого признака определяли как дисперсию разниц его значений справа и слева. Для характеристики уровня асимметрии по совокупности признаков для каждой выборки определяли сумму рангов после ранжирования выборок по уровню ФА каждого признака. Сумма рангов в выборке 1 составила 90, в выборке 2 - 60, эти различия оказались высоко достоверными (критерий знаков,  $p < 0,001$ ).

Таким образом, применение различных методов оценки состояния мидий дало сходные результаты. Мидии из выборки 1, несмотря на больший по сравнению с моллюсками из выборки 2 возраст, обладают меньшими размерами, характеризуется более низким содержанием белка и более высокой флуктуирующей асимметрией. Все это свидетельствуют об их неблагоприятном состоянии по сравнению с выборкой 2. Это, очевидно, обусловлено худшими условиями обитания моллюсков из выборки 1, что может быть вызвано неудачным расположением участка в пределах хозяйства, в первую очередь, низким водообменном.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и ГФЕН Китайской Народной республики, грант 05-04-39011-ГФЕН\_а.

### *Гидрология, Гидрохимия*

**Павлов А. К.** Исследование оптических характеристик вод в губе Чупа, Белое море

Оптические явления, наблюдаемые в морях и океанах, определяются двумя группами оптических характеристик: первая группа - характеристики, зависящие от физических свойств воды (первичные), вторая группа – характеристики, зависящие от геометрической структуры светового поля (вторичные).

Задачей океанологических работ на Белом море было изучение пространственно-временного и вертикального распределения одной из основных первичных характеристик водных масс - показателя ослабления фотосинтетически активной радиации (ФАР).

Для получения данных были использованы следующие приборы: датчик ФАР для измерения надводной приходящей радиации LI-210SA, датчик ФАР для измерения подводной облученности LI – 192SA и аналого-цифровой преобразователь (Data Logger LQ-1000) для регистрации и накопления данных. Измерения производились с дискретностью 1 м по глубине от поверхности до глубины, на которой облученность не превышала нижнего предела чувствительности прибора.

Для достижения поставленной задачи использовалась наиболее часто используемая (базисная) методика определения показателя ослабления. В ее основе лежит закон Бугера-Ламберта – соотношение, согласно которому вертикальное распределение подводной облученности подчиняется логарифмическому закону. Так, при рассмотрении слоя воды толщиной  $dZ$  показатель ослабления  $C$  (1/м) находится из следующего соотношения:

$$I_z = I_0 * \exp(-C * dZ)$$

где  $I_0$  – облученность сверху на верхней границе слоя, Вт/м<sup>2</sup>,  $I_z$  – облученность сверху на нижней границе слоя, Вт/м<sup>2</sup>. В случае измерений на Белом море толщина слоя  $dZ$  равнялась 1 м. Используя то, что  $I_0$  и  $I_z$  известны из измерений, единственной неизвестной величиной остается показатель ослабления  $C$ , который и рассчитывается на основе используемого соотношения. В этом и заключается базисная методика определения показателя ослабления.

Оптические измерения производились в нескольких районах, прилегающих к о. Средний: пр. Средняя Салма, пр. Узкая Салма и Большой Керетский рейд. Наибольший интерес представлял вопрос о зависимости оптических свойств вод от гидрологического режима исследуемых районов.

В пр. Узкая Салма измерения проводились в ходе полусуточной станции с дискретностью 1 час и охватили полный приливной цикл. Известно, что для пр. Узкая Салма характерна значительная изменчивость направления и скоростей течений, а также значительные колебания солености в зависимости от фаз прилива.

По данным измерений был построен график изменения показателя ослабления во времени на различных горизонтах. Анализируя его, можно сделать заключение о том, что вертикальное распределение показателя ослабления очень сильно подвержено временной изменчивости. Максимальные колебания приурочены к поверхностному слою и к придонному слою (9 - 10 м). Можно говорить также, что период колебаний исследуемой характеристики имеет ярко выраженную приливную периодичность (около 12 часов).

В пр. Средняя Салма и на Большом Керетском рейде влияние пресноводного стока р. Кереть не столь выражено, как в пр. Узкая Салма. Анализ вертикальных профилей распределения показателя ослабления,

полученных в этих районах, показывает: практически на всех океанологических станциях наблюдаются сходные вертикальные распределения, и не прослеживается влияния приливных явлений на характер вертикального и пространственного распределений показателей ослабления.

В итоге можно сказать, что наибольшая изменчивость показателя ослабления ФАР характерна для районов с сильным влиянием пресноводного стока р. Кереть, где происходит интенсивное взаимодействие речных и морских вод. При удалении от устья р. Кереть вертикальное распределение показателей ослабления ФАР практически не меняется.

*Раилкин А. И., Плоткин А. С.* Суточные колебания турбулентности в губе Чупа Белого моря

Турбулентность, наряду со скоростью течения, является важной динамической характеристикой прибрежных вод и придонного слоя. Она влияет на вертикальный водообмен, выступает одним из экологических факторов формирования и развития эпибентосных сообществ, существенно отражается на характере питания бентосных организмов (беспозвоночных и водорослей).

Ранее полученные данные по Белому морю (Раилкин и др., 2004) показали, что турбулентность, измеренная в локальной точке, не является постоянной величиной. Напротив, она изменяется в течение суток, и эти изменения связаны с приливо-отливным циклом, так как турбулентность существенно зависит от скорости течения. Таким образом, была поставлена задача разработать методику определения средней (среднесуточной) турбулентности, понимая под ней среднюю для приливного цикла величину. Необходимость этого была вызвана потребностью сравнения между собой различных акваторий, в частности, небольших губ и проливов Кандалакшского залива Белого моря по фактору турбулентности.

Для выполнения измерений турбулентности был использован метод окрашенной струи Озмидова (1968), модифицированный нами для прибрежных вод. Процедура измерения сводилась к тому, что струя насыщенного раствора перманганата калия диаметром около 2 мм выпускалась под давлением перпендикулярно течению. С помощью взаимно перпендикулярных измерительных реек, закрепленных на сварной конструкции на определенном горизонте, визуально под водой определяли горизонтальные и вертикальные размеры окрашенного пятна на расстоянии 1 м от точки истечения красителя. Измерения производили несколько раз подряд для оценки средних линейных размеров окрашенного пятна. Одновременно на том же горизонте определяли скорость течения с помощью гидрометрической вертушки ВГ-1 и электронного датчика оборотов. Время измерений выбирали таким образом, чтобы захватить разные фазы приливо-отливного цикла; всего было взято 5 временных точек. В расчет принимали данные, полученные в тихую, почти безветренную, погоду. Коэффициент

горизонтальных ( $k_y$ ) и вертикальных ( $k_z$ ) турбулентных пульсаций ( $\text{см}^2/\text{с}$ ) определяли по формуле:  $k_y(k_z) = V(1/3\sigma)^2/d$ , где  $V$  – скорость течения в точке измерения ( $\text{см}/\text{с}$ ),  $\sigma$  - ширина струи ( $\text{см}$ ) на расстоянии  $d$  ( $\text{см}$ ) от точки истечения.

Полученные данные (пр. Подпахта губы Чупа) показывают, что горизонтальные турбулентные пульсации скорости выражены сильнее, чем вертикальные (таблица).

В том и в другом случае они больше по величине в придонном (0,5 м слое) и постепенно затухают к поверхности. Неровности рельефа дна и населяющие его бентосные сообщества турбулизируют придонные потоки.

#### Вертикальная турбулентная структура прибрежных вод губы Чупа

Расстояние от дна, см	Фаза приливного цикла: кол-во часов		Средний коэфф-т турбулентности, $\text{см}^2/\text{с}$	
	после полной воды	до полной воды	$k_y$	$k_z$
20	3,0-4,0	2,0	3,1	1,6
40	4,0	1,0-1,5	3,4	1,5
100	3,5	1,0-1,5	2,8	1,5
250	3,0-3,5	1,5-2,0	1,8	0,8

Измерения ширины и высоты окрашенной струи, выполненные на разных фазах приливного цикла, и основанные на них расчеты показывают, что для каждого горизонта колебания турбулентных пульсаций скорости имеют характер, близкий к синусоидальному. Максимальные значения коэффициента турбулентности наблюдаются в фазе прилива (до полводы), минимальные – непосредственно перед полной водой. Вследствие закономерного 12-часового цикла изменений турбулентности ее средние значения достигаются на фазе отлива через 3 - 4 ч после полной воды, на фазе прилива – за 1 - 2 ч до полной воды. Дополнительные исследования, проведенные на других акваториях губы Чупа, подтверждают установленные закономерности, что дает полную уверенность в том, что они носят не случайный характер.

Таким образом, разработана методика, которая позволяет с использованием доступных средств определять средние значения турбулентности для локальных точек акватории, которые до получения более полных данных могут условно считаться среднесуточными характеристиками турбулентности. В принципе, это дает возможность проводить сравнение акваторий по фактору турбулентности, выполняя независимые измерения ее средних значений на определенных фазах приливо-отливного цикла.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант 05-04-48072.

*Раилкин А. И., Примаков И. М.* Структура прибрежных вод губы Чупа Белого моря (на примере пролива Оборина Салма)

Обобщены многолетние данные, характеризующие астрономическую (фазы Луны) и погодную (ветер, радиация, осадки) изменчивость термогалинных характеристик пр. Оборина Салма как типичной прибрежной акватории губы Чупа (таблица). Подтверждены представления о двуслойной структуре вод Кандалакшского залива Белого моря. Верхний слой пр. Оборина Салма представлен поверхностными водами губы Чупа и приближается по своим характеристикам к промежуточному слою Атлантической водной массы. Нижний слой образован модифицированными водами Кандалакшского залива Белого моря.

Гидрологическая характеристика вод пр. Оборина Салма

№ станда	Глубина, М	Температура, °С		Соленость, ‰		Средняя скорость течения, см/с		
		Поверхность	Дно	Поверхность	Дно	ВС	СС	НС
3	9	15-17	7-11	23,8-24,5	24,7-25,0	7,0-8,0	6,0-7,0	5,0-7,0
4	7	13-21	9-14	23,7-25,2	24,5-25,4	6,6-8,0	6,0-8,0	6,0-9,7

Примечание: ВС – верхний, СС – средний, НС – нижний слой.

Водообмен пролива связан с приливно-отливным циклом и зависит от метеоусловий, в первую очередь, от ветровых воздействий. Период водообмена составляет около 2 суток. При приливе основную роль играет восточный пролив (станд № 3), при отливе – северный (станд № 4). В относительно тихую погоду наблюдается периодический характер вертикального перемешивания, связанный с приливно-отливными явлениями, с четкими и мало изменяющимися границами термо- и галоклина. При сильном ветре и осадках влияние приливов подавляется; на первый план выступают погодные факторы. Термогалинные характеристики при этом оказываются весьма переменными. При сильном (штормовом) ветре нижняя граница термоклина может опускаться до 7 - 10 м от поверхности.

Полученные гидрохимические данные подтверждают представления о двухслойной структуре вод Белого моря. Режим биогенных элементов характеризуется рядом особенностей. Содержание нитратов достигает приблизительно 10 мкмоль/л, а содержание фосфатов весьма непостоянно и колеблется в пределах 0,29 - 1,13 мкмоль/л. Исследования, проведенные в весеннее и летнее время, показали низкое содержание фосфатов и нитратов в пр. Оборина Салма. Однако содержание силикатов в прибрежных водах оказалось достаточно высоким, что было связано с выраженным материковым стоком, причем концентрация кремния достигала почти 150 мкмоль/л. Летом в слое фотосинтеза количество кремния значительно уменьшалось. Указанные особенности гидрохимического режима пр.

Оборина Салма обусловлены интенсивным водообменом губы Чупа с прилегающей частью Кандалакшского залива.

В динамическом отношении (вертикальный водообмен) структуру вод пролива можно условно представить как трехслойную. Она включает верхний слой ветрового перемешивания, средний слой приливно-отливного перемешивания и нижний (придонный) слой турбулентного перемешивания. Скорости течений во всех слоях определяются приливным циклом. Для верхнего слоя важное значение имеет ветровое перемешивание. В периоды сильного ветра этот фактор оказывается ведущим, определяя неперриодические всплески скоростей течений не только в верхнем, но и в среднем слое. Достаточно стабильным и зависящим в основном только от приливного цикла оказался придонный слой. Динамика вод у экспериментального придонного стенда № 3 (восточный пролив) характеризуется устойчивыми вихрями, возникающими при приливе и отливе. Скорости течения здесь меньше, чем у стенда № 4 (северный пролив). Они изменчивы по амплитуде, но достаточно постоянны по направлению. У стенда № 4, напротив, основная изменчивость выражается в направлении течения, в том числе в придонном слое. Расчет чисел Ричадсона, характеризующих турбулентность по соотношению солёностно-температурных и скоростных градиентов, показал, что турбулентные вихри хорошо выражены в верхнем слое пр. Оборина Салма. Это обусловлено ветровым перемешиванием и особенностями приливно-отливных явлений, влияющих на всю вертикальную структуру прибрежных вод пролива. На основании метода окрашенной струи (Озмидов, 1968) с использованием водолазной техники были рассчитаны коэффициенты вертикального и горизонтального турбулентного обмена. Анализ полученных данных показал, что для придонного слоя характерны значительные горизонтальные турбулентные пульсации скорости, при их существенно меньших вертикальных составляющих. Полученные данные показывают, что более активным в динамическом отношении является стенд № 4.

Изучение динамических характеристик прибрежных вод позволяет описать их как достаточно изменчивую структуру, особенно в ее верхнем слое, а в периоды сильных волнений поверхности моря также и в среднем слое. Тем не менее, результаты изучения термогалинных, скоростных и турбулентных характеристик придонного слоя прибрежных вод пр. Оборина Салма и обобщение ранее полученных данных по пр. Подпахта позволяют прийти к следующему важному выводу. Придонный слой, населенный бентосными сообществами, является наиболее стабильным по своим термогалинным, скоростным и турбулентным характеристикам во всей трехслойной вертикальной структуре прибрежных вод. Очевидно, это способствует оптимизации условий существования бентосных сообществ и организмов, так как минимизирует их энергетические потери.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант № 05-04-48072.

*Силякова А. В.* Измерения растворенного кислорода в акватории о. Средний, губы Чула Белого моря в июле – августе 2006 г.

Кислород – самый распространенный на Земле элемент. Наличие в океанической воде растворенного кислорода имеет большое значение для развития жизни в океане. Кроме того, растворенный кислород в океане оказывает большое геохимическое влияние, способствуя окислительным процессам водной массы. Изучение кислорода позволяет полнее выявить происхождение водных масс и динамические явления в океане.

В июле-августе 2006 г. на акватории, примыкающей к о. Средний (губа Чула, Белое море), в рамках океанографических работ, проводимых студентами кафедры океанологии Санкт-Петербургского государственного университета, проводились измерения растворенного в воде кислорода. В результате данных работ были выполнены: суточная станция в пр. Средняя Салма, полусуточная станция в пр. Узкая Салма, а также рабочий разрез Большой Керетский рейд – Керетская губа. Для определения растворенного в морской воде кислорода отбирались следующие пробы:

1) на полусуточной станции: пр. Узкая Салма, 66.28.155N, 33.67.524E – с целью проследить временную изменчивость концентраций кислорода в зависимости от фаз прилива (дискретность отбора проб – 2 часа, глубины – 0 м; 2 м; 9 - 11 м - дно);

2) на 5 океанографических станциях в пределах рабочего разреза: 66.29.557N, 33.63.658E, горизонты 0, 5, 13,5 (дно); 66.29.024N, 33.62.764E, горизонты 0, 2, 7, 18 (дно); 66.28.628N, 33.61.719E, горизонты 0, 2, 7 (дно); 66.28.413N, 33.59.777E, горизонты 0, 2, 9 (дно); 66.28.276N, 33.58.565E, горизонты 0, 2, 7 (дно) - с целью проследить изменчивость вертикального профиля содержания кислорода при движении от Большого Керетского рейда до Керетской губы.

Пробы отбирались с помощью батометров БМ-48, после чего фиксировались и в дальнейшем обрабатывались в лаборатории. Определение растворенного в воде кислорода выполнялось химическим методом титрования Винклера.

Было показано, что в пр. Узкая Салма концентрация растворенного кислорода колеблется от 5,99 мл/л - минимального значения, зафиксированного в пробе, отобранной с придонного горизонта в 22:00, до 7,34 мл/л – максимальной концентрации кислорода, зафиксированной в поверхностном горизонте в 14:00. Прослеживается временная изменчивость концентрации растворенного кислорода. Так, средняя по вертикали концентрация кислорода в 12:00 – 6,87 мл/л; к 22:00 она снижается до 6,22 мл/л. Такая временная изменчивость может быть обусловлена действием приливо - отливных течений и соответственно интенсивным водообменом в пр. Узкая Салма.

На рабочем разрезе Большой Керетский рейд – Керетская губа наименьшая концентрация кислорода зафиксирована в точке № 2 на глубине 18 м – 5,71 мл/л, что свидетельствует о слабом влиянии динамики вод на

подобные зоны. На всех пяти вертикальных профилях наблюдается уменьшение концентрации кислорода с глубиной, а также присутствие слоя резкого изменения концентрации кислорода.

В данном исследовании не прослеживается пространственная изменчивость вертикального профиля при движении от Большого Керетского рейда до Керетской губы. Таким образом, для выяснения каких либо закономерностей необходимо выполнение большего количества станций на данном разрезе.

### *Зоология беспозвоночных*

*Аристов Д. А., Малышева Д. А.<sup>1</sup>* Изучение влияния ручья на сообщества макрозообентоса верхней и нижней литорали Белого моря

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

Белое море как эпиконтинентальный водоём принимает в себя большое количество пресной воды в виде впадающих в него рек. Однако, по-видимому, не меньшее значение для формирования беломорского пресноводного стока имеют небольшие ручьи, повсеместно встречающиеся на континентальных и островных побережьях. Эти ручьи несут воду из болот, небольших водоемов, или просто собирают дождевой сток. Их повсеместная встречаемость позволяет говорить о наличии особых, типичных биотопов в литоральной зоне моря. Во время отлива пресная вода стекает по литорали, формируя более-менее постоянное "русло". В районе "русла" создаются особые условия обитания для литоральной фауны, такие как пониженная соленость, отсутствие осушки, приток органических веществ и др. Цель настоящего исследования - выявление влияния ручья на сообщества макрозообентоса верхней и нижней литорали. В задачи исследования входило:

сравнение качественного и количественного состава литоральных поселений макрозообентоса в «русле» ручья и вне его;

выявление комплекса видов, чувствительных к влиянию ручьевых факторов.

В исследовании использовался материал, собранный в июле - августе 2006 г. на территории Кандалакшского государственного природного заповедника на литорали губ Южная и Северная (о. Ряжков, Кандалакшский залив Белого моря). Объектами исследования стали два ручья, вытекающие из озера в центре острова. Во время отлива через "русло" ручьев на верхней и нижней литорали закладывалось по 1 трансекте, в пределах которой на заданном расстоянии от "русла" брались от 3 (губа Северная) до 5 (губа Южная) станций (0 м, 2 м и 6 м.). На каждой станции с поверхности грунта бралась проба воды для измерения солёности. Также измерялась средняя скорость ручьевого потока. На "русловых" станциях брались четыре пробы грунта, а на прочих - по три пробы пробоотборником с площадью захвата



1/245 м<sup>2</sup>). Всего в ходе исследования было взято 52 пробы. При обработке материала использовались процедуры однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA), процедура ANOSIM, а также методы многомерного шкалирования (MDS).

В итоге на литорали о. Ряжков были обнаружены животные, относящиеся к 27 таксонам (22 в губе Южная и 19 в губе Северная). В губе Северная видов, обитающих на "русловых" станциях больше, чем в губе Южная. Этот факт можно объяснить тем, что в губе Северная на "ручьевой" станции солёность выше, следовательно, различия между "русловыми" и "внерусловыми" станциями в губе Северная выражены не столь резко.

В пределах одной губы на разных горизонтах литорали отмечены достоверные различия в качественном и количественном составе макрозообентоса (ANOSIM при  $p < 0,05$ ). Скорее всего, при этом фактор осушки играет решающую роль.

В основе исследования лежала гипотеза о наличии влияния ручьевого стока на сообщества макрозообентоса. Отрицательным фактором является снижение солёности, а положительным - приток органических веществ с суши (Kimmerer, 2002).

Плотность *Mytilus edulis*, *Paranais littoralis*, *Pseudolibrotus littoralis* на "русловых" станциях выше, чем на "внерусловых". Возможно, что мидии способны изолироваться от вредного влияния опреснения, олигохет *Paranais littoralis* привлекает обилие органических веществ, а хищные бокоплавы *Pseudolibrotus littoralis*, возможно, питаются вымываемой ручьевым потоком добычей. Напротив, полихеты *Scoloplos armiger* и *Microspio* sp. переносят влияние ручья плохо, и их плотность по мере приближения к ручью уменьшается. В целом, население "русловых" станций угнетено по сравнению с "внерусловыми". Этот факт иллюстрируется падением биомассы большинства видов при приближении к ручью.

Авторы выносят благодарность администрации Кандалакшского государственного природного заповедника и лично В. В. Бианки за помощь на полевых этапах работы, а также А. В. Полоскину и всем участникам 27-ой Беломорской экспедиции ЛЭМБ ГИПС.

**Артемяева А. В., Горных А. Е., Гришанков А. В., Жижина О. Г.<sup>1</sup>, Хайтов В. М.<sup>1,2</sup>, Шунатова Н. Н., Яковис Е. Л.** Кто с мидией живет?

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

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

Чем более детален масштаб, в котором экологи изучают пространственную организацию сообществ, тем больше оказывается структурирующая роль межвидовых взаимодействий, и относительно меньше – факторов внешней среды. Широко распространено и сравнительно хорошо изучено явление эдификации, когда один из доминирующих видов вовлечен в сильные взаимодействия с множеством других. Такие отношения

часто определяют структуру всего сообщества, а распределение вида-эдификатора задает видовой состав и обилие всех остальных организмов. Мидия *Mytilus edulis* широко распространена во многих морях и выступает в роли эдификатора в различных прибрежных бентосных сообществах. Наиболее полно были изучены естественные (банки) и искусственные (плантации) поселения мидий с наибольшей продукцией. В разных морях мидии сопутствуют определенные подвижные организмы, которые оказываются чувствительны либо к избытку органического вещества, переносимого мидией в грунт из толщи воды, либо к архитектуре поселений моллюсков, насыщенной полостями и твердыми поверхностями.

В условиях недостатка субстратов для прикрепления на смешанных и мягких грунтах мидии образуют поселения в виде небольших друз, перемежающихся полями неструктурированного грунта. Такие поселения мидий изучены сравнительно мало, несмотря на их широкое распространение, в том числе и на Белом море. Степень, в которой моллюски здесь определяют сопутствующее население, как и механизмы, играющие роль в распределении макробентоса, мы исследовали в рамках настоящей работы.

Мы брали серии проб грунта между друз (МД) и в друзах (Д) в трех точках нижней литорали Белого моря, разделенных расстояниями в сотни километров. Ординация (nMDS) показала четкие достоверные ( $R=0,392$ ;  $p<0,001$ ; ANOSIM) различия населения в группах проб МД и Д. Такого же порядка были различия между точками ( $R=0,597$ ;  $p<0,001$ ), причем население друз из разных точек различалось несколько больше ( $R=0,812$ ;  $p<0,001$ ), нежели грунта между ними ( $R=0,688$ ,  $p<0,001$ ).

Немертины и *Tubificoides benedeni* (Oligochaeta) отмечены на всех трех точках и при этом четко приурочены к Д (дисперсионный анализ). Еще несколько видов приурочены к Д, но обильны лишь на части точек: *Cricotopus vitripennis* (Insecta), моллюски *Testudinalia tessellata*, *Littorina* spp. и *Mya arenaria*, а также полихеты из сем. Capitellidae. Полихеты из сем. Spionidae, напротив, достоверно приурочены к МД, но лишь на тех точках, где они обильны.

Для доказательства воздействия на население именно мидий и выявления механизмов такого влияния мы поставили полевые эксперименты. На участки илисто-песчаного грунта (Г) переносили и закрепляли живых мидий (Ж), а также их муляжи, изготовленные из створок (М). Соотношение обилий видов показывает четкие различия между Ж и Г по истечении 2-х месяцев экспозиции ( $R=0,905$ ;  $p<0,001$ ; ANOSIM), а изменения в Г за этот срок существенно меньше ( $R=0,206$ ;  $p<0,001$ ). При этом, пробы М занимают в ординации (nMDS) промежуточное положение между Ж и Г.

Немертины, двустворки *Macoma balthica* и равноногие *Jaera albifrons* достоверно предпочитают Ж, улитки *Littorina* spp. предпочитают Ж и М по отношению к Г. *Tubificoides benedeni* обнаруживает возрастание обилия в ряду  $\Gamma < \text{М} < \text{Ж}$ , а полихеты *Fabricia sabella* и Spionidae избегают Ж.

Таким образом, часть подвижного населения мидиевых друз в Белом море стабильно присутствует в них вне зависимости от фонового населения. Для некоторых же видов друзы оказываются более привлекательными по отношению к полям между ними, однако постоянно эти виды здесь не встречаются. Часть приуроченных к друзам видов находится в положительной зависимости лишь от архитектурной составляющей воздействия мидий. В то же время, для некоторых воздействие именно живых мидий оказывается негативным или позитивным.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, гранты 02-04-50020А, 05-04-48927А, 04-04-63166К, 03-04-63094К, 02-04-63108К, 05-04-63041К и 06-04-63077К.

***Бесядовский А.Р.<sup>1</sup>, Раилкин А.И.*** Методика оценки физических параметров взаимодействия обрастателей с водной средой

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

При рассмотрении процессов взаимодействия водной (морской) среды с бентосными сообществами, населяющими твердые субстраты, необходимо учитывать различные по природе факторы, такие как течения, ветровое перемешивание, приливные явления, рельеф дна, эпибентосные организмы – обрастатели. Движение водных масс, обусловленное указанными факторами и наблюдаемое около поверхности дна, может быть описано на базе теории пограничного слоя. Использование такого подхода дает возможность оценить с одной стороны факторы, действующие на обрастателей вследствие движения жидкости, с другой стороны, возмущения, вносимые в поток эпибентосными сообществами. Наибольшие трудности связаны со сложностью оценки параметров самого придонного пограничного слоя, его толщины и изменения скорости течения по мере удаления от дна водоема.

В связи с поставленной задачей могут быть рассмотрены два случая – ламинарный и турбулентный. Они отличаются распределением скорости поперек течения и величиной касательных напряжений, действующих на обрастателей.

Наличие на поверхности дна водоема обрастателей (и эпибентосных сообществ) может рассматриваться, с точки зрения течения жидкости, как шероховатость поверхности. Для приближенной оценки коэффициента сопротивления можно использовать формулы, полученные при изучении течения в гладких и шероховатых трубах и около пластин.

Осуществлено описание на базе теории пограничного слоя ламинарного и турбулентного случаев обтекания обрастателей (и эпибентосных сообществ), причем рассмотрены различные соотношения вертикальных линейных размеров обрастателей и толщины пограничного слоя. С учетом этого разработан алгоритм и написана программа, позволяющая оценивать величину гидродинамических воздействий на различные виды обрастателей в зависимости от их размеров и параметров пограничного слоя.

Предложенная методика позволяет определить коэффициент сопротивления трения, скорость потока и величину касательных напряжений, действующих на обрастателей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 05-04-48072.

**Братова О. А.** Видовой состав рода *Henricia* (Echinodermata, Asteroidea) Керетской губы и губы Чупа Белого моря

Представители рода *Henricia* широко распространены в Северной Атлантике, однако выделение видовых признаков в пределах рода до сих пор является предметом дискуссий, а сходные морфологические особенности разных видов делают их идентификацию достаточно сложной. Проведенная два десятилетия назад масштабная систематическая ревизия рода (Madsen, 1987) создала предпосылки для дальнейших систематических и фаунистических исследований. Мы поставили целью провести детальное исследование распространения и видового состава представителей рода на Белом море. Первый этап этого исследования – анализ видового состава рода *Henricia* Керетской губы и губы Чупа Белого моря с точки зрения современной систематики рода.

Материал собран летом 2003, 2004 и 2005 гг. в акватории Керетской губы и губы Чупа Белого моря. Всего собрано 167 звезд из 10 точек. Сборы проводились вручную с использованием легководолазного оборудования. Собранные звезды сфотографированы *in vivo* с вентральной и дорсальной стороны. Из каждого экземпляра сделаны препараты вентральных игл. Сравнение величины игл и плотности их расположения оценивали морфометрическими методами.

Обработка и анализ собранного материала показали, что собранных морских звезд можно достаточно надежно разделить на две группы по комплексу признаков, описанному нами ранее (Братова, 2003, 2004). В него входят строение вентрального и дорсального скелета, количество игл в псевдопаксиллах (группах игл), форма игл, плотность расположения игл и псевдопаксилл.

Для первой группы характерны следующие признаки: дорсальный скелет узкопетлистый; вентральный скелет состоит из правильно расположенных пластинок, которые образуют ряды; кожа, покрывающая иглы, тонкая, так что иглы просвечивает сквозь нее; иглы собраны в группы (псевдопаксиллы) по 7 - 20 штук; иглы мелкие с длинными шипами, образующими коронку. Плотность игл в покровах – 21 - 43 шт./мм<sup>2</sup>.

Представители второй группы характеризуются иным комплексом признаков: дорсальный скелет широкопетлистый; пластинки вентрального скелета расположены беспорядочно и не образуют рядов; кожа толстая, покрывающая иглы как чехол; иглы крупные притупленные, без длинных

отростков, либо разбросаны поодиночке, либо собраны в небольшие группы по 3-10 штук. Плотность игл в покровах – 8 - 20 шт./мм<sup>2</sup>.

Признаки этих двух групп соответствуют комплексам признаков групп видов «*pertusa*» и «*perforata*», выделенных Мадсенем (Madsen, 1987).

Дальнейший анализ показал, что все морские звезды группы видов «*pertusa*», собранные в районе исследования, имеют сходные признаки. Для них характерно присутствие трех типов игл: маленькие с тремя короткими шипами, иглы покрупнее с тремя длинными шипами и крупные иглы с 5 - 7 длинными шипами, образующими коронку. Такое строение игл соответствует признакам *H. sanguinolenta* (O.F. Muller).

Имеющиеся у нас представители группы видов «*perforata*» также морфологически сходны между собой. Для них характерны крупные зубчатые иглы без длинных отростков. Такое строение игл соответствует иглам звезд *H. perforata* (O. F. Muler). Среди особей этого вида в сборах имеются звезды с широкопетлистым и очень широкопетлистым скелетом. В первом случае иглы расположены группами по 5 - 7, во втором - иглы либо располагаются поодиночке, либо небольшими группами по 2 - 3 иглы. А. М. Дьяконов считал, что это два разных вида – *H. scabrior* (Michailovskij, 1903) и *H. knipowitchi* (Djakonov, 1950). Отметим, что ревизия Мадсена поставила под сомнение валидность этих видов, и они были сведены к одному - *H. perforata*. Впрочем, материал из Белого и Баренцева морей у Мадсена отсутствовал.

Проведенная нами оценка количества игл в псевдопаксиллах и плотности расположения псевдопаксил показала, что оба показателя имеют нормальное распределение на всем материале группы «*perforata*». Это может быть косвенным доводом в пользу того, что весь этот материал представлен одним видом - *H. perforata*.

Необходимо отметить, что в сборах присутствует 1 морская звезда из группы «*perforata*», которая характеризуется особыми морфологическими признаками. Ее иглы более мелкие по сравнению с типичными для *H. perforata*, без длинных отростков, притупленные; иглы собраны в группы по 10 – 12 штук. Данные морфологические признаки соответствуют признакам вида *H. eschrichti* (J. Muller & Troschel). Отметим также, что по плотности расположения псевдопаксил и игл эта звезда выпадает из нормального распределения собранных экземпляров *H. perforata*.

Таким образом, два вида рода *Henricia* были обнаружены во всех точках исследованной акватории - *H. sanguinolenta* (O. F. Muler) (видовая группа «*pertusa*») и *H. perforata* (O. F. Muler) (видовая группа «*perforata*»). Помимо этого найден единственный экземпляр *H. eschrichti* (J. Muller & Troschel) (видовая группа «*perforata*»). Для уточнения встречаемости последнего вида в районе исследований необходимы дополнительные данные.

Козминский Е. В.<sup>1</sup>, Лезин П. А.<sup>1</sup>, Фокин М. В.<sup>1</sup> Предварительные данные о наследовании признака фоновой окраски раковины у *Littorina obtusata* (Gastropoda: Prosobranchia)

<sup>1</sup>Беломорская биологическая станция ЗИН РАН

Наиболее детальные исследования, посвященные наследованию признаков окраски раковины моллюсков, выполнены на представителях подкласса Pulmonata. Данные по переднежаберным моллюскам носят отрывочный характер. Перспективным объектом для проведения подобных исследований, благодаря широкому распространению и богатому полиморфизму, являются моллюски *Littorina obtusata* (Linnaeus, 1758). Целью данной работы было изучение наследования признака фоновой окраски раковины у этого вида моллюсков.

На первом этапе были проанализированы возможные схемы наследования и проведено их сопоставление с реально наблюдающимся разнообразием вариантов фоновой окраски, обнаруженным у литторин (Козминский, Лезин, 2006). Полученные результаты свидетельствовали в пользу полигенной схемы наследования, в рамках которой за включение в раковину каждого пигмента, участвующего в формировании окраски, отвечает особый ген. Ряд других возможных схем наследования, в частности, моногенная полиаллельная схема, характерная для легочных моллюсков (Murrey, 1975), оказался не приемлем, т.к. не объяснял имеющихся данных, в частности, наличия у литторин вариантов фоновой окраски, возникающих с участием трех пигментов. На втором этапе было проведено изучение наследования фоновой окраски литторин с использованием схемы «мать-потомство» и молекулярно-генетических методов определения отцовства (Козминский, Фокин, 2006). Результаты расщепления в F<sub>1</sub>, в целом, соответствовали гипотезе о полигенном наследовании фоновой окраски. Были обнаружены отклонения от сделанных теоретических предположений, свидетельствующие о взаимодействии генов, отвечающих за включение в раковину различных пигментов, и возможном участии дополнительных генов. В то же время выяснилось, что ряд обнаруженных вариантов расщепления невозможен в рамках моногенной полиаллельной схемы наследования фоновой окраски, описанной у пульмонат.

Фоновая окраска раковины литторин формируется на основе четырех пигментов (Козминский, Лезин, 2006). Варианты фоновой окраски у *Serapea* sp. - на основе трех различных пигментов (Sheppard, 1958; Murrey, 1975). Каждому пигменту должна соответствовать своя группа генов, отвечающих за его формирование и включение в раковину. При формировании фоновой окраски у литторин одновременно задействуется до трех таких групп генов; у хеликоидей - только одна. В первом случае, фоновая окраска является результатом взаимодействия ряда генов. Во втором - результатом действия особого гена (локус С; см. Murrey, 1975), обеспечивающего запуск одной из возможных генетических «программ». Таким образом, эволюция генетических систем, отвечающих за формирование фоновой окраски раковины у литторинид и хеликоидей, шла, по-видимому, различными путями.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант 05-04-48056, и программы фундаментальных исследований РАН «Динамика генофондов растений, животных и человека».

**Крупенко Д. Ю.** Распределение моллюсков *Littorina saxatilis* на каменистой литорали в зависимости от заражения трематодами *Microphallus piriformes* и *M. pygmaeus*: экспериментальный анализ

Взаимодействие трематод *Microphallus piriformes* и *M. pygmaeus* с их промежуточными хозяевами - моллюсками рода *Littorina* неоднократно рассматривалось ранее в плане вероятного воздействия паразитов на поведение их хозяев (Галактионов, 1993; Сергиевский и др., 1984 и др.). Известно, что заражённые микрофаллидами *L. saxatilis* чаще встречаются на камнях, нежели на окружающем их грунте. Однако сам механизм формирования пространственной неравномерности распределения инвазии до сих пор остается невыясненным. В частности, неясно, в какой мере он связан с активной сменой биотопа при заражении, а в какой – с возможной неравномерностью поступления инвазионного начала. В предлагаемой экспериментальной работе предпринята попытка оценить наличие влияния и степень воздействия на распределение популяции литоральных моллюсков *L. saxatilis* фактора зараженности двумя близкими видами трематод с учетом места исходной локализации зараженных и незараженных особей моллюсков.

Исследования проводили на базе МБС СПбГУ (Кандалакшский залив, Белое море). Моллюски для опытов собраны на корге у п-ова Левин-наволок. Особей *L. saxatilis* изымали по 150 штук с крупного камня и гравия рядом с ним. В лаборатории моллюсков содержали в аквариумах с аэрацией при температуре ~18°C в течение 0.5 - 1.5 суток до нанесения метки. Метку наносили на предварительно высушенную поверхность раковины нитрокраской. В опыте № 1 в качестве экспериментальных использовали две группы моллюсков (1, 2) с поверхности камня и две группы (3, 4) с гравия у его основания. Каждая группа включает 75 моллюсков и является подвыборкой исходных сборов из соответствующих микробиотопов. В опыте № 2 использованы лишь 2 группы - моллюски с центрального камня и с гравия по 150 экз. каждая. Все группы составлены моллюсками относительно сходного размера; моллюски каждой группы помечены особой цветовой меткой. Выселение производили на литорали губы Юшковская (о. Средний) в соответствующую первоначальному местообитанию моллюсков зону литорали. В опыте № 1 моллюски с поверхности камня высажены а) на поверхность камня (1 и 3 группы) и на грунт в основание камней (2 и 4 группа). В опыте № 2 моллюски с поверхности камня высажены на грунт, а моллюски с грунта – на поверхность камня на экспериментальном полигоне. Перед выселением в точках проведения опытов соответствующее количество моллюсков было изъято для сохранения плотности популяции. Далее произведены учёты численности во время отлива, в которых отмечалась локализация меченых моллюсков (для опыта № 1 – два дневных учёта; для опыта № 2 – три дневных и два ночных). После окончательного сбора (во время дневного отлива) производили вскрытие всех моллюсков для определения заражения. Обсчёт полученных данных проводили с

использованием парного критерия  $\chi^2$ , а также логлинейного анализа (по факторам «зараженность», «исходное место сбора» - ИМС, «окончательное место сбора» - ОМС, а также, для некоторых видов анализа - «дата учета» и «время суток»).

Общий возврат моллюсков составил 25,3% для опыта № 1 и 38,3% для опыта № 2. Последовательные учеты распределения экспериментальных групп моллюсков показали, что к первому съёму происходит значительное перераспределение моллюсков в системе – поверхность камня - грунт, при этом пересаженные группы моллюсков тяготеют к тому микробиотопу, из которого они были собраны. При последующих съёмах распределение групп принципиально уже не изменяется. На гравии все экспериментальные группы представлены в приблизительно одинаковых пропорциях, на камнях же преобладают особи, собранные с поверхности камня корги. Такое распределение характерно для обоих опытов. Необходимо отметить, что в опыте 2 проведено два ночных учёта, распределение литторин в которых не отличалось от дневных.

В исходных группах моллюсков с корги общее заражение составило 31,58% *M. piriformes* и 19,74% *M. pygmaeus* в опыте № 1 и, соответственно, 23,28% и 2,59% в опыте № 2. В обоих опытах различия в экстенсивности инвазии *M. piriformes* с поверхности камня и грунта статистически значимы. Напротив, не было выявлено различия в распределении по субстратам моллюсков исходных групп, заражённых *M. pygmaeus*. Окончательный сбор моллюсков после опытов показал, что моллюски с поверхности камня заражены *M. piriformes* еще сильнее, чем в исходных группах (опыт № 1 -  $75 \pm 10,8\%$ , опыт № 2-  $43,55 \pm 6,27\%$ ), что существенно превышает зараженность этим паразитом моллюсков на грунте ( $p < 0,05$ ). Напротив, доля литторин, заражённых *M. pygmaeus* на камнях и грунте достоверно не отличается в конце опыта в обоих случаях.

Результаты логлинейного анализа в целом подтверждают данные парных  $\chi^2$ -тестов. Фактор «зараженность *M. piriformes*» коррелирует как с фактором «ИМС», так и с фактором «ОМС»; во всех случаях  $p < 0,05$ . Для обоих опытов также показана связь между исходной локализацией моллюсков и местом их окончательного обнаружения ( $p < 0,05$ ). Фактор «дата учета», как и фактор «время суток», не влияют на распределение моллюсков по субстратам.

В целом результаты опытов подтвердили значительную неравномерность распределения инвазии трематодами *M. piriformes* у моллюсков *L. saxatilis* в пространственной системе – поверхность камней – грунт. При этом аналогичных эффектов, связанных с *M. pygmaeus*, не обнаружено. Опыты свидетельствуют о высокой эффективности механизмов активного перераспределения моллюсков в популяции. Данные показывают, что местоположение моллюска определяется как местом первоначального сбора (по-видимому, «привычный» микробиотоп для моллюска), так и зараженностью *M. piriformes*. Имеется взаимодействие этих факторов. Влияние заражения представляется более существенным, исходя из



соотношения окончательной локализации здоровых и зараженных моллюсков. В то же время для более корректного выявления соотношения вклада двух указанных факторов необходимы дополнительные эксперименты.

*Левакин И. А.<sup>1</sup>, Исакова Л. П.<sup>1</sup>, Лоскутова З. И.* Оценка количества яиц *Bunocotyle progenetica* (Trematoda: Hemiuroideae), формируемых в моллюсках-хозяевах *Hydrobia ulvae* и *H. ventrosa* (Gastropoda: Prosobranchia)

<sup>1</sup>Зоологический институт РАН

В паразитарных системах, образуемых трематодами, часто бывает сложно оценить вклад разных видов хозяев в поддержание жизненного цикла паразита. Возможные причины кроются в сложных путях циркуляции инвазионного начала этих паразитов в экосистеме (Galaktionov, Dobrovolskij 2003). Одним из подходов к количественному описанию паразитарных систем, образуемых трематодами, может быть определение потоков инвазионного начала в системе, образованной моноксенным паразитом *Bunocotyle progenetica*, паразитирующим в двух видах переднежаберных моллюсков рода *Hydrobia*. Два вида гидробий – *H. ulvae* и *H. ventrosa* часто образуют совместные поселения с острой межвидовой конкуренцией, в которых *H. ulvae*, рассматриваемая как более сильный конкурент, всегда значительно крупнее, чем *H. ventrosa* (Fenchel 1975b, Cherrill, James 1987a, Saloniemi 1993). Таким образом, определив зараженность гидробий разных видов трематодой *B. progenetica*, плотность их популяций в совместном поселении, а также количество яиц паразита, формирующихся в зараженных особях хозяина, можно оценить вклад разных видов гидробий в поддержание циркуляции *B. progenetica* в их совместном поселении.

Гидробий собирали в марте 2006 г. в районе Беломорской биологической станции ЗИН РАН “Картеш” (кутовая часть пр. Сухая Салма губы Чула Кандалакшского залива Белого моря). Было взято 10 количественных проб, каждая с 1/131 части м<sup>2</sup>. Кроме того, была взята качественная проба с неопределенной площади. В качестве определяемого размерного показателя особи была выбрана площадь проекции раковины. Для каждой особи *H. ulvae* определяли возраст по линиям зимней остановки роста (Горбушин, 1993). После измерения гидробий последовательно вскрывали (обработано 963 моллюска) для определения наличия трематодной инвазии, а также видовой принадлежности паразита. В 37 моллюсках были обнаружены редии с яйцами в полости тела. Яйца паразита подсчитывались после предварительного переваривания тканей редий в растворе Трипсин-Версен (1:1). Статистическая значимость различий долей определялась при помощи двустороннего точного критерия Фишера при парных сравнениях и при помощи  $\chi^2$ -критерия для множественных сравнений. Также использовался t-критерий, критерий Манна-Уинти и

медианный критерий в соответствии со стандартными рекомендациями (Животовский, 1991).

Особь *H. ventrosa* значительно уступает по размеру даже особям *H. ulvae* первого года жизни. В целом различия размеров двух видов весьма существенны ( $p < 0,01$ ). Зрелые (содержащие в своем составе яйца паразита) микрогемипопуляции *V. progenetica*, паразитирующие в особях *H. ulvae*, содержали статистически достоверно ( $p < 0,01$ ) больше яиц, чем паразитирующие в особях *H. ventrosa*. Средние плотности особей *H. ulvae* и *H. ventrosa* в совместном поселении значительно ( $p < 0,05$ ) отличались. Но зараженность особей *H. ventrosa* партенитами *V. progenetica* более чем в 8 раз превосходит зараженность особей *H. ulvae* этим паразитом.

Мы использовали плотность зараженных особей хозяина (D1) в качестве оценки количества поглощенных популяцией хозяина яиц паразита на  $1 \text{ м}^2$ . Плотность яиц паразита, находящихся внутри зараженных гидробий (D2) рассчитывалась исходя из данных по зараженности гидробий, собранных с неопределенной площади – доли зараженных гидробий, доли гидробий, содержащих яйца паразита, а также средних количеств яиц в содержащих их группировках *V. progenetica*. Для того чтобы оценить усиление потока инвазионного начала, протекающего через популяции гидробий разных видов в совместном поселении, можно отнести плотность сформированных в популяции хозяина яиц паразита (D2) к плотности зараженных особей в этой популяции хозяина (D1). Иначе говоря, отношение D2/D1 показывает, сколько яиц паразита формируется в популяции хозяина на одно поглощенное яйцо. В марте 2006 г. в совместном поселении гидробий в пр. Сухая Салма это отношение оказалось равным 254,9 для популяции *H. ulvae* и только 1,4 для популяции *H. ventrosa*. Исходя из разницы в размерах особей этих видов гидробий можно предположить, что реальное отношение сформированных яиц к поглощенным будет выше вычисленного для популяции *H. ulvae*, и ниже для популяции *H. ventrosa*. Если зараженность может считаться косвенной оценкой эффективности заражения, то следует признать, что популяция *H. ventrosa* в совместном поселении гидробий в пр. Сухая Салма значительно эффективнее поглощает инвазионное начало – яйца *V. progenetica*.

Таким образом, можно предположить, что в паразитарной системе, образованной *V. progenetica* и двумя видами гидробий в пр. Сухая Салма менее зараженный хозяин *H. ulvae* играет основную роль в поддержании паразита. С другой стороны, более зараженный хозяин *H. ventrosa* является естественным регулятором, будучи в большинстве случаев "тупиковым" хозяином для этого паразита.

**Лезин П. А.<sup>1</sup>, Шунатова Н. Н., Халаман В. В.<sup>1</sup>** Методика компьютерной реконструкции пищевых токов у организмов – фильтраторов  
<sup>1</sup>Зоологический институт РАН

При исследовании питания животных-фильтраторов авторы нередко акцентируют основное внимание на оценке такого параметра как скорость фильтрации - объем воды, проходящий через пищедобывающий аппарат животного за определенный промежуток времени. Однако не менее важным параметром является конфигурация токов воды, создаваемых животным. Представления о пищевом поведении и конкурентоспособности изучаемого объекта могут быть существенно скорректированы знанием о форме и распределении этих потоков. Мы предлагаем оригинальную методику анализа создаваемых фильтраторами токов воды, которая основана на компьютерной обработке видеозаписей.

Одной из основных проблем, возникающих при изучении микрогидродинамики, является выбор метода визуализации потоков. К сожалению, большинство реактивов, используемых в гидрологии, не применимы для биологических исследований ввиду их токсичности. Очевидным выходом в такой ситуации является использование природных красителей, нейтральных взвесей (как искусственных, так и природного происхождения) или, в случае работы с микроскопическими объектами, естественной взвеси в воде. Именно последний вариант позволил получить наилучшие результаты при работе с микрообъектами (зооидами мшанок). При исследовании макрообъектов (моллюски, асцидии, губки) мы использовали слабый раствор китайской туши в морской воде и измельченный активированный уголь. С помощью шприца или пипетки краситель помещали в район сифонов или равномерно распределяли его вдоль поверхности тела. Параллельно проводилась цифровая видеосъемка объекта. При изучении микрообъектов вели непрерывную видеосъемку животных через бинокулярную лупу МБС-10.

Полученный видеоматериал подвергался дальнейшей обработке. Из снятых видеороликов извлекали наиболее информативные фрагменты и производили разложение записи на отдельные кадры с помощью программы VirtualDub (<http://www.virtualdub.org>). Полученные кадры накладывали друг на друга в графическом редакторе таким образом, что изображения частиц красителя формировали непрерывные треки, маркирующие токи воды.

Для каждого объекта производилось около 40 - 50 съемок с трех ракурсов (фронтальная, боковая, верхняя съемка). Полученный материал содержал, таким образом, исчерпывающую информацию о конфигурации токов в пространстве. Реконструированные треки использовались как основа для построения трехмерной модели потоков воды вокруг животного.

За период работы были построены карты распределения токов воды для двустворчатых моллюсков *Mytilus edulis* и *Hiatella arctica*, асцидий *Styela rustica* и *Molgula citrina*, губки *Halichondria panicea*, ряда видов морских мшанок (Bryozoa, Gymnolaemata).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант 06-04-48789а.

**Лоскутова З. И.** Определение возраста *Onoba aculeus* (Gastropoda, Prosobranchia) Белого моря по состоянию раковины и линиям зимней остановки роста

Популяции *Onoba aculeus* (Gould, 1841) характеризуются высокой плотностью поселения и, несомненно, значительной ролью в литоральном сообществе. Данные по экологии, жизненному циклу и структуре популяций этого вида остаются отрывочными. Прямых исследований продолжительности жизни *O. aculeus* не проводилось. Однако есть сведения, что моллюски живут около двух лет. В настоящее время известно, что развитие у них прямое, без планктонной личинки (Матвеева, 1974; Голиков, 1987; Gorbushin, 1999). Предварительное исследование, проведенное нами (Лоскутова, Гранович, 2006), показало наличие в популяциях небольшого количества размерных групп особей. Однако косвенные (по размерной структуре) оценки возрастного состава не позволяют с достаточной уверенностью определить продолжительность жизни моллюсков. Наиболее известный метод прямого определения возраста моллюсков - подсчет линий (колец или валиков) зимней остановки роста (Соколова, 1963; Базр, 1969; Горбушин, 1993; Кондратенков, 2003). В данной работе были изучены структура раковины в местах линий зимней остановки роста, а так же динамика состояния раковины в течение жизни моллюсков.

Моллюсков собирали на небольшом (около 100 м<sup>2</sup>) заливаемом во время прилива на островке в районе п-ова Левин-наволок (губа Чупа, Кандалакшский залив Белого моря). В течение летнего сезона 2006 г. было произведено 5 съемок проб в период с июня по конец августа. Возраст моллюсков оценивали по наличию линий зимней остановки роста и состоянию конхиолина. Для безошибочной идентификации колец использовали метод ацетатных реплик (Горбушин, 1993; Козминский, 2003). Из 26 раковин моллюсков было приготовлено и просмотрено более 60 препаратов. Визуально было оценено более 300 моллюсков.

На структуру раковины моллюсков влияет сезонность климата Белого моря. Зимой рост моллюсков замедляется и может даже прекращаться, что связано с понижением их активности (Горбушин, 1993). Весной моллюски начинают наращивать новый минеральный слой на раковине. Эта граница снаружи выглядит, как кольцеобразная впадина. На препаратах, сделанных с этих раковин, отчетливо виден шов между старым и новым приростами.

В популяции *O. aculeus* можно выделить три группы особей по состоянию раковины и размерам. Их соотношение меняется в течение лета. Первая группа характеризуется светлыми, слегка прозрачными раковинами, с отчетливо заметной поперечной и продольной исчерченностью. Вторая группа раковин имеет различную пигментацию конхиолина от светло-желтых до темно-коричневых оттенков. Однако, исчерченность, характерная для светлых раковин, не наблюдается. Третья группа состоит из особей с сильно поврежденными раковинами, с заметными линиями обламывания по кольцам приростов и без верхних оборотов. Раковины таких моллюсков

могут быть полностью белыми или с остатками темно-пигментированного конхиолина. Эти три группы присутствовали во всех сборах начиная с июня по конец августа. Можно предположить, что выделенные нами группы по состоянию раковины - это возрастные группы сеголеток, прошлогодних моллюсков (годовики) и позапрошлогодних.

Анализ распределения линий зимней остановки роста показал, что на светлых раковинах моллюсков (предположительно сеголеток) такие кольца не встречаются во всех сборах с июня по август. У моллюсков второй группы (основной генерации) в июньских сборах новый прирост отсутствует, а в августовских сборах отчетливо видны линии зимней остановки роста и небольшая зона нового светлого прироста. Большинство раковин третьей группы (предположительно позапрошлогодних моллюсков) имели две линии зимней остановки роста и узкую зону нового прироста. Таким образом, распределение наблюдаемых колец зимней остановки роста подтверждает гипотезу о наличии в популяции трех групп моллюсков разного возраста: сеголеток, годовалых особей с одним кольцом зимней остановки роста и двухлетних особей с двумя такими кольцами. Из полученных нами данных можно сделать вывод о том, что моллюски *Onoba aculeus* живут не более 1 - 2 лет. По-видимому, размножение начинается еще весной, сразу после таяния льда (данные по Баренцеву морю - Матвеева, 1974). Сезон размножения продолжается весь июнь и кладки можно встретить еще в начале июля (наши данные). Сеголетки быстро растут и уже в середине лета раковины рано вышедших из кладок особей достигают размеров взрослых особей. Половозрелость, очевидно, наступает следующей весной. Вторую зиму, по-видимому, переживает небольшой процент особей.

**Паскерова Г. Г.** Кто вы, бластогрегарины? История исследования бластогрегаринов и личные наблюдения над *Siedleckia nematoides* Caullery et Mesnil, 1898 (Blastogregarinorina, Siedleckia)

Сиедлекии – грегариноподобные, многоядерные, подвижные протисты, паразитирующие в полихетах семейства Ariciidae. История их изучения началась с *Siedleckia nematoides*, у которой Коллери и Менил (Caullery, Mesnil, 1898, 1899) описали необычный процесс размножения. От заднего конца тела отшнуровываются почки, содержащие одно или несколько ядер. По мнению Коллери и Менил, почки дают начало новым многоядерным особям, а наличие полового процесса в жизненном цикле *S. nematoides* остается неясным.

Сегодня известно 4 вида рода *Siedleckia*. Однако вопрос о существовании полового процесса остается открытым. За внешнее сходство с грегаринами рода *Selenidium* Коллери и Менил отнесли *S. nematoides* к Sprogozoa, подчеркнув, что эти паразиты являются аберрантными формами. В. Догель (1910) наблюдал почкование у двух видов *Siedleckia* (*S. nematoides*, *S. dogieli*) и был склонен считать это патологической фрагментацией тела при

неблагоприятных условиях. Он рассматривал сиедлекий как своеобразных грегариин, у которых деление ядра предшествует объединению гамонтов в сизигий. Но никто не наблюдал образования сизигиев у сиедлекий. Легер и Дюбосг (Léger, Dubosq, 1910) тоже считали почкование патологией. Они полагали, что в жизненном цикле этих паразитов присутствует шизогония, близкая к таковой у *Schizocystis* или *Selenococcidium*. Шаттон и Деорн (Chatton, Dehorne, 1929), позже Шаттон и Вилленёв (Chatton, Villeneuve, 1936) публикуют исследования трех видов *Siedleckia* (*S. nematoides*, *S. mesnili* и *S. caulleryi*), трофозоиты которых, по их мнению, развиваются в 2 типа гамонтов. Особи с ядрами, расположенными в один ряд вдоль длины клетки, являются макрогамонтами, а особи, характеризующиеся большим числом мелких ядер, лежащих нерегулярно в заднем конце тела – микрогамонтами. Путем почкования первые формы образуют одноядерные макрогаметы, вторые формируют многоядерные микрогамонты, которые распадаются на микрогаметы. После копуляции гамет образуется ооциста, в которой формируются 10 - 16 спорозоитов. Авторы полагают, что в жизненном цикле сиедлекий имеется оогамная копуляция, свойственная кокцидиям, а не грегариинам. Однако, несмотря на это, они оставляют сиедлекий в составе группы грегариин в качестве самостоятельной подгруппы *Blastogregarina* с единственным родом *Siedleckia*, представители которой характеризуются почкованием в течение гаметогенеза. Такое положение сиедлекии занимают и сегодня. Так бластогрегарины включены в отряд *Eugregarinorida*, что противоречит характеристике эугрегариин (Levine et al, 1980; Clopton et al, 2000). Ни ультраструктурные, ни молекулярные данные, посвященные *Siedleckia*, сегодня не опубликованы. Таким образом, знания о бластогрегариинах невероятно скудны и не позволяют с уверенностью определить их таксономическое положение.

Наше исследование *Siedleckia nematoides*, паразита *Scoloplos armiger* и *Nainereis quadricuspida*, проводилось с помощью методов прижизненного наблюдения и электронной микроскопии. Локализованы паразиты в среднем и заднем отделах кишки полихет. Экстенсивность заражения достигает 100%. Интенсивность – до 30 клеток на  $1\text{мм}^2$ . *S. nematoides* способны активно изгибаться из стороны в сторону, скручиваться в спираль, чем похожи на архигрегариин *Selenidium*. Они обладают вытянутым в длину, уплощенным телом. Их размеры варьируют в пределах 5 - 200 x 3 - 15 мкм,  $n=100$ . Число ядер не постоянно, по мере роста клетки оно увеличивается. Процесс деления ядер исследован не был. Выделяются два типа клеток: с крупными ядрами, расположенными в один ряд, и с мелкими ядрами, расположенными нерегулярно. Часто наблюдается фрагментация заднего конца тела на отдельные шаровидные тела, размеры которых и число содержащихся в них ядер варьируют. По нашим наблюдениям, сначала резорбируются ядра, а затем и сами тела. Наблюдаемая фрагментация является, вероятно, результатом патологических изменений клетки.

Покровы сиедлекии гладкие, без гребней, и представлены трехмембранной пелликулой. Под пелликулой располагается ряд продольных

микротрубочек. Прикрепляются *S. nematoides* к эпителию хозяина апикальным концом. Никаких специальных прикрепительных образований не обнаружено. Передний конец слегка заострен, в отличие от заднего конца. На электронограммах он имеет ряд органелл апикального комплекса, характерных для споровиков. Между мембраной клетки хозяина и мембраной переднего конца сидлекии формируется простой клеточный контакт небольшой протяженностью (около 0,5 - 1 мкм). Место контакта пронизано субпелликулярными микротрубочками, тянущимися из цитоплазмы паразита в цитоплазму клетки хозяина. Однако, прочность прикрепления паразита к клетке хозяина невелика. Сидлекии легко отваливаются от кишечного эпителия, и в полости кишки вскрытого хозяина обнаруживается большое число свободных, неприкрепленных грегариин. В переднем конце сидлекии располагается вакуоль, схожая с мукрональной вакуолью архигрегариин *Selenidium*. Имеются микронемы и несколько роптрий. Последние в виде продолговатого мешка с протоком, пропадающим у самого клеточного контакта с клеткой хозяина. Коноида нет. Микропоры не обнаружены. Вероятно, сидлекии питаются через зону контакта с клеткой хозяина и/или всей поверхностью тела. Явной патологии клетки хозяина отмечено не было. В цитоплазме клетки большой объем занимают мощно развитый ЭПР, большое число амилопектиновых гранул и ядер. Ядра различных размеров, состояние хроматина варьирует от диспергированного до конденсированного. Обнаружены митохондрии, однако их структура не ясна. Латерально, вдоль всей длины клетки располагаются две группы филаментов, что соответствует описанию Шаттон и Деорн как мионем.

По разным авторам у *Siedleckia caulleryi*, *S. mesnili*, *S. dogieli* поверхность исчерчена. Возможно, речь идет об эпицитарных гребнях, схожих с таковыми у *Selenidium*. Передний конец этих паразитов модифицирован в прикрепительную органеллу, эпимерит, разного строения. С уверенностью можно сказать, что *Siedleckia* обладают рядом признаков, типичных для споровиков, что они скорее близки к архигрегариинам, чем к эугрегариинам. Наиболее вероятно, бластогрегариины занимают промежуточное положение между низшими грегариинами и кокцидиями, имея общее в строении с первыми и, по-видимому, в жизненном цикле со вторыми.

**Разговорова И. А., Полоскин А. В.** Описание многолетней динамики поселений *Semibalanus balanoides* на литорали пр. Западная Салма о. Ряжков Кандалакшского залива на основании витальных наблюдений и анализа фотографических данных

Многолетние мониторинговые наблюдения прочно зарекомендовали себя как один из действенных методов описания естественной динамики и флуктуаций различных биологических систем. Особый интерес в этом аспекте представляют собой наблюдения, не подвергающие систему

разрушению. В этом случае исследователь получает возможность избежать необходимости проводить реконструкцию изучаемого объекта по материалам совокупности выборок. Однако система, поддающаяся витальному изучению, должна обладать рядом важных особенностей. Во-первых, она должна иметь определенные пространственные границы. Во-вторых, все элементы системы должны быть доступны для одновременной регистрации и, в-третьих, элементы системы должны обладать ограниченной подвижностью. Хорошим примером подобной системы оказываются поселения усонюгих рачков *Semibalanus balanoides* на валунах в пределах литоральной зоны. Настоящая работа посвящена описанию многолетней прижизненной динамики трех участков поселений *S. balanoides* на литорали пр. Западная Салма о. Рязков.

Мониторинговые исследования проводились во второй декаде июля в ходе 13 Беломорских экспедиций Группы Исследования Прибрежных Сообществ ЛЭМБ (гидробиологии) СПбГДТЮ, на территории Кандалакшского государственного заповедника в 1994 - 2006 гг. На трех постоянных учетных площадках (площадью 159,5 см<sup>2</sup>, 137,5 см<sup>2</sup> и 100 см<sup>2</sup> соответственно), расположенных на двух рядом лежащих валунах, нами ежегодно в полевых условиях проводился тотальный учет особей *S. balanoides*. У каждого рачка измерялась длина устья домика вдоль каринорастральной оси с точностью до 0,5 мм. Начиная с 1998 г., все площадки ежегодно фотографировались примерно с одного ракурса.

Благодаря анализу фотографического материала, на котором можно с большой точностью определить каждого рачка из года в год (по положению в пределах площадки и по направлению каринорастральной оси тела), мы смогли выделить границы между возрастными когортами *S. balanoides*. На первом году жизни сеголетки имеют длину устья до 1,5 мм, на второй год от 2 до 4 мм, у особей 3-го и 4-го годов размер устья сильно перекрывается, поскольку возможность роста домика зависит от положения рачка на камне и от плотности поселения. Максимальная зарегистрированная длина устья в нашем материале составила 7 мм.

Динамика плотности (экз./м<sup>2</sup>) сеголеток и старших особей на учетных площадках представлена в таблице. Стоит отметить, что площадка 1 в процессе наблюдений сначала несколько поменяла свою ориентацию в связи с поворотом валуна, на котором была расположена, а в 2004 г. и вовсе исчезла с литорали вместе с валуном. Вероятно, валун диаметром чуть более метра, был сначала развернут, а затем унесен с литорали во время зимне-весенних подвижек льда.

Анализ многолетней динамики позволяет выделить значительные колебания обилия *S. balanoides*, и в первую очередь это касается сеголеток. Наиболее массовые оседания молоди наблюдались в 1994-95 гг., затем в период с 1999 по 2001г. и в 2003-2004 гг. Напротив, в период с 1996 по 1998г. оседание молоди было крайне скудным. Вопреки ожиданиям, нами не выявлено видимой зависимости успешности оседания сеголеток от количества взрослых особей на площадках, нет также и явной зависимости



между выживаемостью при переходе от 0+ к 1+ от количества взрослых особей. При этом выживаемость усоногих рачков в различных возрастных классах заметно колеблется из года в год и может составлять от 0 до 100%. Несколько раз (в особенности на площадке № 1) мы наблюдали полное уничтожение поселения взрослых рачков, вероятнее всего по причине истирания его льдом. В то же время, среди взрослых *S. balanoides*, особенно при низкой плотности поселений, наблюдается абсолютная выживаемость при переходах от 1+ к 2+ и к четвертому году жизни, этот факт подтверждается также при анализе фотографического материала.

Год	Площадка 1		Площадка 2		Площадка 3	
	0+	1+,2+,3+	0+	1+,2+,3+	0+	1+,2+,3+
1994	30752	11718	27576	7128	нет данных	
1995	26350	0	14400	15192	нет данных	
1996	372	0	1512	3312	2100	16500
1997	2604	372	1512	1224	4400	600
1998	620	1364	288	432	1200	2000
1999	22568	744	18576	432	40000	1500
2000	9176	682	42192	10008	28700	17600
2001	372	0	27072	144	62500	10500
2002	1798	62	45792	12168	57300	19100
2003	28706	0	39888	16776	23600	40900
2004	нет данных		129456	12600	31300	33200
2005			41112	5328	24700	15100
2006			10368	22680	3200	25900

Любопытно, что динамику обилия баянусов на близкорасположенных площадках в целом нельзя назвать синхронной. Лишь для площадок № 2 и № 3, находящихся на одном камне, показана положительная корреляция ( $r = 0,84$ ).

Полученные результаты позволяют отметить, что на литорали в разных локальных условиях на динамику и выживаемость *Semibalanus balanoides* скорее всего влияют экзогенные факторы, роль же эндогенных популяционных факторов при данной плотности поселений незначительна.

**Сафина Д.А., Раилкин А.И.** Подавление локомоции и прикрепления моллюсков мидий ионами никеля.

Обрастатели – обитатели твердых субстратов дна ведут прикрепленный образ жизни. Они имеют приспособительные механизмы, способствующие их удержанию и прикреплению на субстрате после оседания. Двустворчатые моллюски обладают своеобразными способами взаимодействия с поверхностями твердых тел. У осевших педивелигеров первый, вступающий в действие механизм, – прилипание (адгезия) подошвы ноги к субстрату. Постоянное прикрепление осуществляется при участии прочных нитей

биссуса. Мидии *Mytilus edulis*, как и многие двустворчатые моллюски, играют важную роль в обрастании гидросооружений, судов и других технических объектов. Для поисков защиты от обрастания весьма важным является изучение механизмов их прикрепления.

В ряде исследований было показано, что ионы ряда тяжелых металлов-антагонистов кальция, в том числе  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{La}^{3+}$ , обратимо блокируют мышечное сокращение морских беспозвоночных. В то же время не было изучено их влияние на механизмы прикрепления. Временное прикрепление (адгезия) моллюсков *Mytilus edulis* осуществляется при помощи ноги за счет того, что на подошву выделяется липкий секрет, а сама она играет роль присоски. Постоянное прикрепление с помощью нитей биссуса оказывается возможным только при плотном контакте подошвы ноги с поверхностью, т.е. при наличии временного прикрепления.

Поскольку в процессе прикрепления моллюсков активно участвуют мышцы ноги, мы предположили, что введение в воду ионов никеля может вызвать подавление временного прикрепления мидий и, весьма вероятно, их прикрепления при помощи нитей биссуса. Таким образом, основной задачей нашей работы было изучение влияния растворов  $\text{NiCl}_2$  различных концентраций на способность мидий к движению, адгезии и прикреплению при помощи биссуса.

Материал для работы был собран в октябре 2006 года в губе Чупа Кандалакшского залива Белого моря. Исследования проводились в Морском аквариальном комплексе БИНИИ СПбГУ, где мидии содержались в условиях, близких к природным. Для опытов отбирались наиболее активные мидии размером 3 - 4 мм. Моллюсков помещали в чашки Петри с чистой морской водой. К подвижным моллюскам медленно приливали раствор  $\text{NiCl}_2$ , после чего ежеминутно проводили наблюдения за их поведением. Фиксировали время, за которое подавлялось их движение и адгезия. После подавления этих физиологических реакций мидий отмывали морской водой и в дальнейшем контролировали их выживаемость и восстановление способности к прикреплению. В контрольном эксперименте фиксировали время, через которое после начала ползания моллюск остановится и прикрепится при помощи биссуса.

Мидий подвергали воздействию  $\text{NiCl}_2$  в концентрациях 1,25, 2,5, 5 и 10 мМ. Оптимальным оказался раствор концентрации 5 мМ. В нем моллюски переставали ползать в среднем уже через 4 минуты, а способность к адгезии при помощи ноги теряли через 6 минут ( $n=20$ ). В 5 мМ-ном растворе они оказались неспособными к биссусообразованию.

При концентрации раствора  $\text{NiCl}_2$  10 мМ моллюски прекращали движение и закрывали створки в течение 1-2 минут ( $n=20$ ). В растворе столь высокой концентрации было сложно проследить последовательное подавление движения и адгезии.

В растворе концентрации 2,5 мМ подавление локомоции происходило в среднем через 8 минут, а подавление адгезии в течение 14 минут ( $n=20$ ).

Важно отметить, что при данной концентрации 15% мидий смогли прикрепиться биссусом.

Самая низкая из использованных концентраций (1,25 mM) оказалась недостаточной для эффективного подавления биссусообразования, 35% особей образовывали биссус. Способность к адгезии у отдельных мидий сохранялась в течение 40 минут.

После отмывки от растворов всех использованных концентраций все мидии выживали и прикреплялись при помощи биссуса.

В контрольном эксперименте моллюски прикреплялись при помощи биссуса через 2 - 15 минут после начала движения.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что ионы  $Ni^{2+}$  в концентрациях 5–10 mM довольно быстро, но обратимо, блокируют движение, адгезию (временное прикрепление) и постоянное прикрепление с помощью биссуса у *M. edulis*.

Хорошо известно, что для обеспечения мышечного движения (и сокращения) необходим приток ионов кальция из внешней среды к локомоторным (и сократительным) структурам. Ионы никеля являются антагонистами ионов кальция и поэтому при определенных концентрациях подавляют мышечное движение. Однако подавление ими адгезии, временного прикрепления и биссусообразования у мидий показано впервые. Таким образом, наши экспериментальные данные позволяют подтвердить предположение об участии кальций-зависимых процессов в прикреплении двустворчатых моллюсков.

**Старунов В. В., Тихомиров И. А., Лаврова О. Б.** Строение пигидия *Nereis virens* (Sars, 1835)

В руководстве по зоологии (том II стр. 37) утверждается, что целом полихет является образованием чисто метамерным. «Он совершенно отсутствует в пигидии и заходит в головную лопасть только как вторичное разрастание полости первого сомита». В. Н. Беклемишев (1964) вполне разделяет эту точку зрения. Как показал анализ литературы, строение пигидия у полихет в дальнейшем практически не изучалось. Тем не менее, общеизвестно, что пигидий играет важную роль в процессах постларвального роста и каудальной регенерации. Цель данной работы – изучение строения пигидия полихеты *Nereis virens* (syn. *Alitta virens*), широко распространенной в Белом море.

Сбор материала проводился в течение 2003 - 2006 гг. на литорали о. Матренин Керетского архипелага Кандалакшского залива Белого моря. Черви были анестезированы гвоздичным маслом и зафиксированы жидкостью Буэна. Далее по стандартной методике были изготовлены серии гистологических срезов, окрашены гематоксилин-эозином и заключены в Даммар.

Пигидий *Nereis virens* располагается на заднем конце тела с вентральной стороны сразу позади анального отверстия, которое открывается дорсально. Морфологическая граница этого отдела выражена достаточно слабо. Пигидий представляет собой двулопастное образование, каждая лопасть которого заканчивается пигидиальными усиками. В центральной части пигидиальных усиков обнаруживаются структуры, по всей видимости соответствующие терминальному отделу брюшной нервной цепочки, представленному стволами. В области пигидия они сохраняют свою самостоятельность и соединяются друг с другом и с брюшной нервной цепочкой за его пределами.

Тело пигидия имеет волокнистую структуру, образованную вытянутыми клетками. Ближе к вентральной и вентролатеральным поверхностям пигидия обнаруживаются скопления кожных желез, клетки которых имеют ярко выраженную эозинофилию. В центральной части пигидия находится полость, которую предположительно можно трактовать как целом, поскольку на сериях срезов прослеживается её очевидная связь с целомами вновь образующихся сегментов. В этой полости обнаруживаются скопления веретенных клеток и крупные клетки, предположительно целомоциты.

С вентральной стороны перед пигидием, сразу за анальным отверстием, находится вентральный синус кровеносной системы.

По нашим предварительным данным, пигидий *Nereis virens* является довольно сложным образованием. Его строение, по-видимому, не соответствует классическим представлениям, поэтому требуется дальнейшее изучение этого отдела тела полихет.

**Столбовая А. Ю.<sup>1</sup>, Полоскин А. В.** Колонизация мидиями бурых водорослей *Ascophyllum nodosum* и *Fucus vesiculosus* на беломорской литорали

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

Проблема колонизации различных субстратов перифитонными организмами в настоящее время довольно хорошо изучена. В первую очередь это касается механизмов заселения субстрата личинками сессильных организмов. Вопрос же, касающийся колонизации субстрата сидячими, но подвижными организмами (в частности мидиями), еще во многом остается открытым. В Белом море наиболее подходящим объектом для изучения этих процессов является мидия (*Mytilus edulis*). В связи с этим мы поставили перед собой задачу изучить процесс заселения фукоидов мидиями.

Материал был собран в июле – августе 2005 и 2006 гг. в ходе работ 26-ой и 27-ой Беломорских экспедиций Группы Исследований Прибрежных Сообществ, ЛЭМБ (гидробиологии) СПбГДТЮ. Работа проводилась на территории Кандалакшского государственного заповедника (о. Ряжков, Кандалакшский залив Белого моря). Изучалось заселение мидиями фукоидов двух видов *Ascophyllum nodosum* и *Fucus vesiculosus* на литорали губ Южная

и Фукусовая. Во время отлива в средней части пояса фукоидов выбирались характерные для данного места водоросли (по 15 экз. каждого вида). За время одного отливного цикла непосредственно на месте с них тщательно собирались все мидии. После чего помеченные экспериментальные фукоиды оставлялись на литорали и дополнительно отбирались контрольные водоросли. Через 3, 9, 18 дней экспозиции срезалось по 5 экз. каждого вида. Кроме того, по 8 экз. каждого вида фукоидов нами было оставлено на годовую экспозицию. Дополнительно проведены постановки с изоляцией экспериментальных фукоидов: от поселения мидий на грунте и от поселения мидий на окружающих водорослях. Во время каждой съемки под каждым снятым фукоидом отбиралась проба грунта, а также собирались контрольные фукоиды обоих видов. Мидий из всех проб измеряли и взвешивали, рассчитывалась плотность мидий на 1 кг массы фукоида.

Значительных различий в размерах исследованных водорослей ни в зависимости от их видовой принадлежности, ни в зависимости от места сбора не наблюдалось. Средняя масса растений колебалась в пределах 290 - 486 г. Поселения мидий на фукоидах в районе исследования не отличались высокой численностью, минимальное среднее значение составило 60, а максимальное - 187 экз./растение. Повсеместно на водорослях преобладали моллюски длиной не более 10 мм. Максимальная средняя биомасса моллюсков - 37 г/растение, отмечена на *A. nodosum*. Средняя плотность *M. edulis* на грунте в поясе фукоидов составляла  $7478,5 \pm 695,45$  экз./м<sup>2</sup>.

Вследствие отсутствия достоверной связи между массой растений и обилием на нем мидий, в качестве скорости заселения субстратов мы использовали отношение числа мидий, присутствовавших на фукоиде в момент съемки, к числу мидий на этом же фукоиде на момент дефаунации (процент восстановления). На всех исследуемых участках и видах водорослей первыми появляются мелкие мидии, с длиной раковины не менее 1 мм и не более 10 мм. Динамика восстановления поселения моллюсков разных размерных классов с 3 по 18 день экспозиции на примере колонизации *F. vesiculosus* (поскольку в целом характер заселения водорослей обоих видов схож) представлена в таблице 1.

Таблица 1. Восстановление (%) и плотность (экз./кг) (указана в скобках) поселений мидий на *Fucus vesiculosus*

Размерный класс <i>M. edulis</i> мм	Губа Фукусовая Губа Южная	Губа Фукусовая Губа Южная	Губа Фукусовая Губа Южная
	экспозиция 3 дня	экспозиция 9 дней	экспозиция 18 дней
1 – 3	90,6 (23) 32,9 (63,4)	84,1 (22,5) 68,0 (100)	165,3 (33,4) 143,8 (324,6)
4 – 10	28,1(18,6) 17,1 (18,6)	40,2 (16,5) 28,6 (29,6)	90,5 (35,5) 68,1 (97,2)
> 10	8,0 (5,1) 5,6 (3,4)	13,0 (5,5) 28,0 (8,6)	71,2 (30,5) 46,7 (24,7)

Скорость пополнения поселения на колонизируемом субстрате мелкими мидиями высока, так как за короткий срок (18 дней) обилие мелких мидий на исследованных фукоидах не только достигает исходного до дефаунации уровня, но и превышает его. Вероятнее всего, это связано с высокой подвижностью молодых моллюсков. К тому же мелкие мидии доминируют в окружающих поселениях и могут заселять дефаунированные субстраты как из поселений на грунте, так и с окружающих водорослей, включая дрейфующие скопления нитчаток. Это вполне подтверждается результатами наблюдений за процессом заселения фукоидов, изолированных от поселений мидий на грунте и на окружающих водорослях. Крупные моллюски появляются на фукоидах в сколько-нибудь заметном количестве значительно позже (таблица 1). Это, с одной стороны, связано с низкой подвижностью крупных мидий, а с другой, может объясняться тем, что источником пополнения поселений на дефаунированных субстратах являются лишь мидии из поселений на грунте под макрофитами, где их плотность выше, чем в поселениях на окружающих фукоидах.

Анализ результатов колонизации субстратов в течение кратковременной (18 дней) и продолжительной (1 год) экспозиции (таблица 2) демонстрирует, что уже через 18 дней после дефаунации численность поселений мидий на водорослях может приближаться к исходному состоянию, а через год даже превышать его (таблица 1). Однако подобная ситуация складывается в первую очередь за счет доминирования в восстанавливаемом поселении молодежи, обилие которой, как было отмечено выше, заметно превышает исходное количество.

Таким образом, можно отметить, что поселения мидий на *Fucus vesiculosus* быстрее достигают численности базового состояния, хотя в первую очередь не за счет скорости колонизации моллюсками, а за счет более низкой плотности исходных поселений.

Таблица 2. Восстановление (%) поселений мидий в зависимости от продолжительности экспозиции на различных участках

Вид фукоида	Южная губа 18 дней	Фукусовая губа 18 дней	Фукусовая губа 1 год
<i>Ascophyllum nodosum</i>	40,8	94,9	101,0
<i>Fucus vesiculosus</i>	86,2	109,0	152,7

Более интересным нам представляется тот факт, что скорость пополнения поселений явно снижается, и число мидий на фукоидах стабилизируется. Вероятно, это связано с тем, что мелкие мидии довольно быстро колонизируют субстрат, но легко и покидают его. Другая возможная причина - воздействия штормов и течений. Крупные же моллюски, вероятнее всего, не могут достигнуть в поселениях на макрофитах заметной плотности только за счет миграции с других субстратов, поэтому поселения со значительной долей взрослых мидий формируются в течение нескольких лет, в первую очередь, за счет роста моллюсков.

Тамберг Ю. Ю., Шунатова Н. Н., Яковис Е. Л. Пространственное распределение одиночных камптозоев *Loxosomella nordgardi* по поверхности колоний двух видов морских мшанок

Эпибиозы, называемые иначе сообществами обрастания, давно привлекают внимание морских биологов. Количество видов, составляющих такие сообщества, может быть различным. В Белом море, например, нередко встречаются двухвидовые системы фильтраторов - одиночных камптозоев *Loxosomella nordgardi* (Kamptozoa: Solitaires) и некоторых видов морских мшанок (Bryozoa: Cheilostomata). Мшанки, выступающие в таких системах как базибионты, обладают крупными полипидами и высоким венчиком щупалец. В процессе питания эти животные создают мощные нисходящие токи воды. Края венчиков щупалец соседних зооидов практически смыкаются, образуя сплошной полог. Под ним накапливается значительный объем профильтрованной воды, что снижает эффективность питания. Поддержание гидродинамического баланса колонии требует формирования специальных механизмов отведения воды. Локсосомеллы, поселяющиеся на поверхности колонии, имеют значительно меньший, чем полипиды, размер. Ток воды, создаваемый ими при питании, имеет противоположное направление – вверх от поверхности субстрата.

В настоящей работе мы рассмотрели детали пространственного распределения обрастателей - одиночных камптозоев *Loxosomella nordgardi* по поверхности колоний двух видов морских мшанок *Tegella armifera* и *Arctonula arctica*. Известно, что для поддержания гидродинамического равновесия в колониях этих видов используются два основных механизма: сброс воды по периферии и отведение ее вверх (в центральных «мертвых зонах» или с помощью временных «дымоходов» – 3 - 4 живых зооида, втянувших щупальца).

Материал был собран в августе 2005 г. в двух точках в окрестностях МБС СПбГУ. С борта весельной лодки при помощи кошки и с применением легководолазной техники собирали талломы красных водорослей *Odonthalia dentata*, на которых поселяются оба вида мшанок. Из всех встреченных колоний отбирали те, на поверхности которых находилось не менее пяти особей *Loxosomella nordgardi* (в среднем 30). Все колонии (81 экз. *Tegella armifera* и 26 *Arctonula arctica*) были анестезированы изотоническим раствором  $MgCl_2$  и зафиксированы 4% формалином. Положение каждой особи *L. nordgardii* учитывали относительно концентрических рядов зооидов, начиная от растущего края колонии.

На поверхности колоний *T. armifera* наибольшее количество экземпляров *L. nordgardii* приходится на зооиды третьего и четвертого ряда от нарастающего края колонии (18,6% и 19,6% от общего количества - 2265 особей). Наименее заселены почки (4,43%) и центральная, наиболее старая часть колонии – к девятому от края ряду зооидов было приурочено 0,71% от общего количества локсосомелл и ни одного экземпляра не было обнаружено в следующих рядах. Отмечено, что в крупных колониях в центральной (более

старой) части живые зоиды отсутствуют. Локсосомелла в этих «мертвых зонах» встречается крайне редко. Известно, что *Loxosomella* размножается в основном бесполом путем с образованием почек, сохраняющих подвижность непродолжительное время (около 1 недели). Отпочковавшиеся особи прикрепляются в непосредственной близости от материнского организма или мигрируют в сторону нарастающего края колонии или за ее пределы. В дальнейшем, по мере роста колонии, животные «смещаются» к центру и после дегенерации полипидов могут оказаться в «мертвой зоне».

*Arctonula arctica* представлена в сборах главным образом молодыми колониями, не имеющими в центре «мертвой зоны». Однако и на ее поверхности распределение локсосомелл неравномерно – в центральном участке животных существенно меньше (1,85%), чем на зооидах 4-го ряда от нарастающего края колонии (26,73% от общего количества – 503 особей).

Анализ пространственного распределения *Loxosomella nordgardi* по поверхности колоний *Tegella armifera* и *Arctonula arctica* позволяет нам с уверенностью судить о его неравномерности вне зависимости от возраста (и соответственно, размера) последних. Этот факт свидетельствует о существовании динамических механизмов поддержания закономерной структуры поселений. Одним из возможных способов является упорядоченная миграция почек к периферии колонии, другим – одновременное заселение локсосомеллами колоний разных возрастов.

Характер перемещения профильтрованной полипидами воды в пределах колонии позволяет предположить, что область максимального гидродинамического напряжения приурочена к 3 - 4-му ряду зоидов от ее края. Вполне возможно, что поселяющиеся в этом участке камптозои оказываются в более благоприятных условиях, так как их собственные затраты на создание фильтрационных токов минимальны. При этом локсосомеллы, обеспечивая сброс профильтрованной воды, могут снимать гидродинамическое напряжение у поверхности колонии и, таким образом, увеличивать эффективность питания последней.

Приуроченность локсосомелл к определенным участкам колонии мшанок свидетельствует в пользу трактовки взаимодействий в такой системе как комменсализм или мутуализм.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, гранты 05-04-48927а и 06-04-63077к.

**Шунатова Н. Н., Лезин П. А.<sup>1</sup>** Механизм транспортировки пищевых частиц у стенолематных мшанок (Bryozoa: Stenolaemata)

<sup>1</sup>Зоологический институт РАН

Активными фильтраторами являются представители самых разных таксонов беспозвоночных животных, в том числе и морские мшанки (Bryozoa). В литературе конкурируют две основные гипотезы, объясняющие механизм питания всех фильтраторов, которые обладают щупальцевым пищедобывающим аппаратом. Согласно одной из этих гипотез, так



называемой гипотезе «питания за счет сброса частиц» (impingement feeding), полипиды совершают взмахи щупальцами, направляющие частицы непосредственно в ротовое отверстие. Авторы другой гипотезы – «гипотезы локальных реверсов» считают, что перемещение пищевых частиц ко рту осуществляется вдоль фронтальной поверхности щупалец за счет работы ресничек фронтальной ленты. Однако у представителей *Stenolaemata* – одного из классов морских мшанок – фронтальные реснички на щупальцах отсутствуют, в связи с этим принято считать, что транспортировка пищевых частиц у них осуществляется исключительно за счет взмахов щупальцами. Поскольку размер потребляемых мшанками пищевых частиц невелик (в среднем 20 – 40 мкм), а питательность доступных им объектов низкая, то, чтобы обеспечить себя необходимым количеством пищи, такой фильтратор должен, по нашим оценкам, совершать несколько сот взмахов щупальцами в минуту, а по мнению некоторых исследователей, еще больше – несколько тысяч. Тем не менее, предварительные наблюдения свидетельствуют об обратном – полипиды совершают значительно меньшее количество взмахов щупальцами. Цель данной работы – выяснить механизм транспортировки пищевых частиц у стенолематных морских мшанок (Bryozoa: *Stenolaemata*).

Материал был собран в сентябре 2005 и 2006 гг. на МБС СПбГУ. В анализ были включены 4 вида (*Crisia eburnea*, *Crisiella producta*, *Lichenopora verrucaria* и *Tubulipora flabellaris*), характеризующиеся разной формой роста колоний. Животных содержали в стеклянных аквариумах с регулярно сменяемой аэрируемой морской водой при температуре +5 – 10°C. Мшанок кормили культурами одноклеточных диатомовых водорослей. При изучении особенностей поведения голодных животных колонии предварительно помещали в профильтрованную морскую воду на сутки. Наблюдения проводили преимущественно в стоячей воде с помощью бинокулярного стереомикроскопа. При помощи цифровой фотокамеры мы регистрировали количество взмахов щупальцами, которое совершает полипид в минуту в «сытом» и «голодном» состояниях. Для визуализации токов воды, создаваемых полипидами при питании, использовали мелкодисперсные тушь, активированный уголь, а также культуры перечисленных выше диатомовых водорослей. Для изучения особенностей распределения цилиатуры материал был зафиксирован глутаральдегидом и обезвожен по стандартной методике. Впоследствии материал был высушен при критической точке с помощью Critical Point Dryer CPD-30 и изучен при помощи сканирующего электронного микроскопа Jeol-JSM-840.

Показано, что среднее количество взмахов щупальцами, совершаемых полипидами всех четырех видов в течение 1 минуты, не превышают 5. Сравнение парным t-критерием Стьюдента показало, что средние значения этого показателя у «голодных» и «сытых» отличаются недостоверно.

Возникает закономерный вопрос – каким образом транспортируются частицы, если фронтальные реснички отсутствуют, а взмахи щупальцами совершаются редко? Мы полагаем, что у стенолематных мшанок механизм транспортировки частиц определяется двумя основными параметрами:

особенностями пространственной организации пищедобывающего аппарата и цистида и законами микрогидродинамики. Зооиды обладают высокими трубчатыми перистомами, из которых щупалеца выдвигаются не на всю длину, а только на 4/5. В то же время диаметр раскрытого венчика щупалец невелик и превышает диаметр перистома всего в 2 – 2,5 раза. Поступающий в венчик поток воды разделяется на 2 части: первая часть практически сразу покидает венчик, проходя между кончиками щупалец, а вторая, представляющая собой центральный поток, неизбежно опускается непосредственно к ротовому отверстию. Скорость центрального потока значительно выше скорости движения воды, покидающей венчик около дистальных концов щупалец. Участок покровов вокруг ротового отверстия несет большое количество ресничек, работа которых создает локальные токи воды, перемещающие частицы в ротовое отверстие. Поступившая в венчик вода покидает его между основаниями щупалец. Высокий перистом, очень удобный для эффективного отсечения «центрального потока», мешает свободному сбросу профильтрованной воды. Но стенолематы своеобразно решают и эту проблему – покровы между щупальцами (в отличие от представителей других групп морских мшанок) несут большое количество ресничек, которые и отвечают за перемещение воды к краю перистома и ее последующее удаление.

**Ягунова Е. Б.** Изменчивость асимметрии зооидов инкрустирующей мшанки

Для билатерально симметричных организмов степень различия их левой и правой половин считается показателем нестабильности развития. Развитие отдельного зооида в колонии подвержено внутриколониальной регуляции и воздействию факторов внешней среды. Отдельный зооид колонии мшанок обладает дисто-проксимальной осью, которую можно условно считать его осью симметрии. Кальцинированные скелеты мшанок бедны отчетливыми морфологическими признаками, поэтому степень асимметрии зооидов можно оценивать путем сравнения формы и размеров их левой и правой половин, что составляет задачу настоящего исследования.

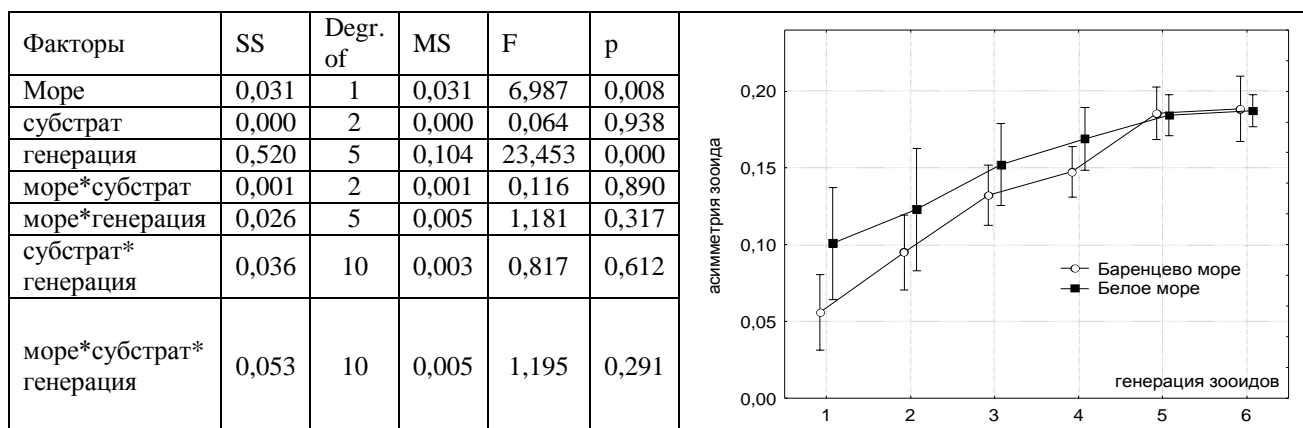
Колонии *Cribrilina annulata* были собраны в летние месяцы 2006 г. в районе МБС СПбГУ (губа Чупа Кандалакшского залива Белого моря) и в окрестностях поселка Дальние Зеленцы (губа Дальнезеленецкая, Баренцево море). В обоих регионах колонии собирали с трех субстратов: камней и талломов двух видов красных водорослей (*Odontalia dentata*, *Phyllophora interrupta*). Для анализа использовали колонии, в которых не было видимых нарушений стандартного хода астогенеза.

Колонии фотографировали при стандартном увеличении; отпечатанные фотографии колоний разрезали по границам зооидов. Зооиды ориентировали вдоль их дисто-проксимальной оси и фотографировали на контрастном фоне. Далее изображения зооидов переводили в черно-белый формат и

обрабатывали следующим образом: по каждому изображению программным путем строили границу зооида в полярных координатах как контур, содержащий 720 точек, с началом координат в центре масс изображения зооида.

Чтобы избежать аллометрических эффектов, все контуры зооидов были приведены к единичному среднему радиусу. Для минимизации погрешностей, вызванных неточной ориентацией зооидов вдоль их дисто-проксимальной оси, была проведена дополнительная коррекция расположения зооидов. Истинной дисто-проксимальной осью зооида считали то направление, относительно которого его асимметрия была минимальна. Далее для каждого зооида вычисляли его площадь. Чтобы определить степень асимметрии зооидов, каждый зооид «складывали» вдоль по своей дисто-проксимальной оси. Для реальных зооидов при естественной неидеальной билатеральной симметрии половины контура совпадали лишь частично. Мерой асимметрии зооида считалась площадь несовпадения левой и правой половин зооида.

Связь асимметрии зооидов с регионом обитания колонии, субстратом и стадией астогенеза исследовали при помощи дисперсионного анализа. В качестве «факторов» рассмотрели «море» (Белое, Баренцево), «субстрат» (камень, 2 вида водорослей), «генерацию» (момент формирования зооида в астогенезе). Полученные результаты приведены в таблице (жирным шрифтом выделены факторы, влияние которых достоверно при  $p < 0,05$ ). Оказалось, что в раннем астогенезе степень асимметрии зооидов закономерно увеличивается, зооиды 5 - 6 генерации наименее симметричны. Тип субстрата не влияет на степень асимметрии зооидов. В Белом море степень асимметрии зооидов выше, чем в Баренцевом (рисунок).



Нами показано (Ягунова, 2005), что ранний астогенез *Cribrilina annulata* высоко детерминирован, зооиды формируются в строго определенном порядке, почкование высоко синхронизировано. По мере роста колонии синхронность почкования нарушается, и расположение зооидов становится все более случайным. Усиление асимметрии зооидов, происходящее в ходе астогенеза, может быть следствием ослабления степени колониальной

целостности, усиления влияния внешних факторов на рост отдельного зооида.

Разный уровень асимметрии в Баренцевом и Белом морях свидетельствует о разных условиях развития зооидов. Причиной могут быть как непосредственные различия условий обитания, так и обусловленные ими различия степени колониальной регуляции.

### *Микробиология*

**Бухвалов Ю. О., Вербицкая А. Н., Стогов И. А.** Микрофлора вод нижнего течения и эстуария р. Кереть в 2005-2006 гг.

Летом 2006 г. были продолжены работы по оценке возможного влияния беломорской горбуши на микрофлору вод нижнего течения и эстуария р. Кереть, начатые в 2005 г. Ранее (Бухвалов и др., 2006) нами был предложен подход для мониторинга водной микрофлоры, основанный на выявлении разных групп бактерий – автохтонных (преимущественно олиготрофов) и аллохтонных (преимущественно эвтрофов). Для учета этих групп микроорганизмов используют, соответственно, среды бедного и богатого состава. Сопоставление численности этих групп бактерий в разные годы, с учетом двухлетней периодичности массового нерестового хода горбуши в р. Кереть, позволит оценить влияние этого интродуцированного вида лососевых на водную микрофлору. Предположительно, массовый ход горбуши должен способствовать развитию аллохтонной микрофлоры сапротрофного типа питания с одовременным угнетением автохтонной микрофлоры.

В 2006 г. пробы отбирали трижды с интервалом 3 дня с 27 июля по 3 августа в трех точках нижнего течения р. Кереть (в 300 м выше рыбоучетного заграждения - РУЗ; в районе РУЗ; в устьевой части р. Кереть ниже порогов). Определение общей численности эвтрофных бактерий проводили на твердой питательной среде *Standart nutrient agar* (стандартный питательный агар, SNA) (Serva, США), олиготрофных – на этой же среде, разведенной в 10 раз, с добавлением агара до необходимой концентрации. Инкубирование бактерий проводили при 20°C. Параллельно, для учета антропогенной микрофлоры, проводили высев аликвот исследуемых проб воды на среду Эндо с последующим инкубированием при 37°C, что позволило сопоставить наши материалы с многолетними данными мониторинга антропогенной водной микрофлоры, проводимого на МБС СПбГУ под руководством профессора К. В. Квитко.

Средние значения титров бактерий за период наблюдений представлены в таблице, из материалов которой видно, что титры бактерий, способных к росту на среде Эндо, остаются практически постоянными на протяжении 2004 - 2006 гг. и составляют 4 - 7 КОЕ/мл. Таким образом, вспышки развития антропогенной микрофлоры за период исследований не отмечено.

Титры бактерий, полученные в 2006 г. на среде SNA, ниже аналогичных титров 2005 г. в среднем в 2 раза. Возможно, это связано с тем, что в 2006 г.

массового нерестового захода горбуши в р. Кереть не было. К тому же во время проведения работ в 2006 г. температура воды была на 5 - 6 градусов ниже, чем в 2005 г., что также могло сказаться на численности водной микрофлоры.

Средние значения титров бактерий (КОЕ/мл) на различных средах в 2004 - 2006 гг.

Среда/год/температура	Численность бактерий, КОЕ/мл		
	300 м выше РУЗ	РУЗ	Устье ниже порогов
0,1 SNA / 2006 / 20°C	249	153	186
0,1 SNA / 2006 / 37°C	83	41	60
SNA / 2006 / 20°C	50	79	134
SNA / 2006 / 37°C	119	67	87
SNA / 2005 / 20°C	196	214	118
Эндо / 2006 / 37°C	4,49	7,03	5,73
Эндо / 2005 / 37°C	3,06	6,59	6,01
Эндо / 2004 / 37°C	-	5,18	4,00

Для комплексной оценки микрофлоры в 2006 г. был также проведен учет олиготрофных бактерий на среде SNA, разведенной в 10 раз. Показано, что при выращивании при 20°C титры бактерий на 0,1 SNA превышают аналогичные для неразведенной среды в среднем в 3 раза. Напротив, при выращивании бактерий на SNA и 0,1 SNA при 37°C была отмечена обратная закономерность - на неразведенной среде численность бактерий была в среднем выше в 1,5 раза, что свидетельствует о неприменимости температуры 37°C (оптимальной для эвтрофов) для выращивания олиготрофных бактерий, даже с использованием обедненной среды.

Таким образом, на основании наших исследований можно предположить, что в исследуемых водах олиготрофная (автохтонная) микрофлора является преобладающей над эвтрофной (аллохтонной). В дальнейшем планируется провести учет численности эвтрофной микрофлоры в годы массового нерестового хода горбуши, что позволит с большей достоверностью оценить влияние этого вида-интродуцента на водные экосистемы нижнего течения и эстуария р. Кереть.

**Воробьев К. П. , Андронов Е. Е., Мигунова А. В., Квитко К. В.**  
Идентификация одноклеточных зеленых водорослей, симбионтов *Paramecium bursaria*, в единичной клетке хозяина  
<sup>1</sup>ВНИИСХМ

*Paramecium bursaria* является моделью для изучения эндосимбиотических систем, т.к. одна клетка *P. bursaria* содержит сотни клеток зеленых водорослей, обычно одного генотипа. Идентификация микросимбионтов инфузории осуществляется с использованием различных методик, включающих в себя биохимические, физиологические и другие

исследования. С развитием методов генетического анализа геномных последовательностей открылись новые возможности для решения проблем идентификации и классификации симбиотических водорослей.

Нами был разработан метод прямой идентификации эндосимбионтов *P. bursaria*, позволяющий использовать единственную клетку хозяина, содержащую несколько сотен водорослей внутри, в качестве материала для анализа генетических последовательностей, принадлежащих участникам этой симбиотической системы. Это существенно облегчило различение экотипов северных и южных симбионтов *P. bursaria*, о котором было сообщено на VII сессии МБС (Воробьев и др., 2006). Разработка метода была продолжена на материале, собранном нами в 2005 г. на МБС СПбГУ, на о. Малый Горелый (губа Чупа Кандалакшского залива Белого моря), клон *P. bursaria* MF-C1.

Клетку инфузории с водорослями внутри отбирали из общей культуры парамеций, очищали от питательной среды, помещали в эппендорф в 15 мкл воды и разрушали при помощи встряхивания со стеклянными шариками ( $d=0,35$  мм), затем центрифугировали, что позволяло нам получить тотальную ДНК, подходящую для амплификации в реакции ПЦР. Для этого были использованы праймеры, позволяющие получить амплификаты, специфичные для хлорелл, за счет их локализации в гене 18S рРНК, имеющего интронную вставку, характерную для данного рода водорослей. Количество матрицы для амплификации было недостаточно для обычной реакции ПЦР, поэтому была использована методика "nested"-ПЦР, заключающаяся в поочередном использовании двух пар праймеров в двух последовательных реакциях ПЦР. Амплификат, полученный при использовании первой пары праймеров, содержал первую половину гена 18S РНК и был взят в качестве матрицы для второй реакции. Электрофоретическое разделение конечных продуктов амплификации выявило два фрагмента, различающихся по размеру, один из которых соответствовал по своей молекулярной массе симбиотическим водорослям рода *Chlorella*, а другой – неизвестной нам водоросли класса Trebouxiophyceae. Секвенирование и последующее сравнение последовательностей с базой данных GeneBank показали, что первый фрагмент действительно соответствует участку гена 18S РНК симбиотических хлорелл северного экотипа, тогда как другой принадлежит этому же гену зеленой одноклеточной водоросли рода *Choricystis*. Аналогичный случай сочетания двух симбионтов описан в 2004 г. (Nakahara et al., 2004) для *P. bursaria* южного экотипа. Наличие симбиотических *Choricystis* sp. в *P. bursaria* из беломорского региона показано впервые.

Таким образом, был разработан простой метод прямой идентификации симбиотических зеленых одноклеточных водорослей без выделения их в чистую культуру. В данных экспериментах были использованы различные культуры парамеций, выделенные из пресных водоемов Японии, Германии, Италии и России (Карелия).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант 05-04-49274-а.

**Пузанский Р. К., Тараховская Е. Р.** Влияние органических субстратов на характеристики фотоассимиляционного аппарата *Odonthalia dentata* (L.) Lyngb

Активность процессов фотоассимиляции и диссимиляции у фотоавтотрофов регулируется такими трофическими факторами как интенсивность и качество освещения и доступность органических субстратов. Присутствие в среде, окружающей растение, некоторых органических веществ приводит к перестройкам фотосинтетического аппарата водорослей и влияет на интенсивность дыхания и фотосинтеза (Martinez, Orus, 1991; Krapp et al., 1993; Heyfets et al., 2000; Тараховская, Маслов, 2005 и др.). Большая часть работ, посвященных изучению этих процессов, проведена на одноклеточных водорослях, при этом морские макрофиты остаются слабоизученными. Цель данной работы состояла в изучении влияния глюкозы, этанола, маннита и глицерина на следующие характеристики красной макрофитной водоросли *Odonthalia dentata* (L.) Lyngb.: содержание общего белка, жирорастворимых фотосинтетических пигментов, фикобилипротеинов и рибулозобисфосфаткарбоксилазы/оксигеназы (Рубиско) и интенсивность дыхания и фотосинтеза.

Экспериментальная работа была проведена в августе 2005 - 2006 гг. на базе филиала кафедры физиологии и биохимии растений МБС СПбГУ (Белое море). Водоросли содержали в лаборатории в аквариумах с кипячёной и фильтрованной непроточной морской водой при естественном освещении и температуре 10 - 12°C. Опыты проводили по следующей схеме. До начала эксперимента определяли исходные параметры. В дальнейшем водоросли культивировали без внесения органических соединений (контроль) или с их добавлением. Через трое суток проводили отбор проб для определения исследуемых характеристик. Все опыты ставили в двух вариантах: с освещением и в темноте, все органические вещества использовали в концентрации 0,5% (w/v). Количественное определение хлорофиллов и каротиноидов проводили спектрофотометрически (СФ-26), содержание белка определяли по методу Лоури-Фолина. Рубиско и фикобилипротеины выделяли с помощью нативного диск-электрофореза, и в дальнейшем их количество определяли по плотности окраски гелей. Интенсивность фотосинтеза и дыхания определяли по динамике концентрации кислорода полярографическим методом с использованием электрода Кларка.

Присутствие в среде глюкозы и глицерина приводит к снижению содержания хлорофилла «а» в расчёте на сырой вес, как у освещённых водорослей, так и у водорослей, помещённых в темноту. Также эти субстраты вызывают снижение содержания фикобилипротеинов. Добавление глицерина, этанола и маннита приводит к снижению содержания Рубиско в расчёте на сырой вес. Измерение активности дыхания и фотосинтеза показало, что присутствие в среде этанола и маннита в условиях освещения

приводит к заметному росту интенсивности дыхания. У водорослей, находившихся в темноте, к подобному результату приводит также добавление глицерина. Те же субстраты, что активируют дыхание водоросли, вызывают и увеличение фотосинтетической активности. Увеличение активности происходит при добавлении этанола к освещенным водорослям и при добавлении этанола, глицерина и маннита к водорослям, экспонировавшимся в темноте.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что метаболизм макрофитных водорослей чувствителен к присутствию в среде органических субстратов. По-видимому, морские макрофиты, как и одноклеточные водоросли, способны усваивать экзогенные источники органического углерода и вовлекать их в обмен веществ и регуляторные контуры.

**Тараховская Е. Р., Маслов Ю. И.** Учет динамики роста эмбрионов *Fucus vesiculosus* L. при исследовании развития ассимиляционного аппарата водоросли

Эмбрионы морской бурой водоросли *Fucus vesiculosus* L. являются удобными объектами для изучения дифференцировки и развития растительного организма, в частности, для исследования формирования ассимиляционного аппарата. В ходе эмбриогенеза происходит увеличение размера и изменение формы организма, что неизбежно приводит к изменению его физических свойств и метаболизма. Поэтому при изучении многих физиологических характеристик водоросли, таких как содержание фотосинтетических пигментов, интенсивность газообмена и т. п., необходимо учитывать динамику роста эмбрионов.

Зиготы *F. vesiculosus* в первые 12 - 14 ч после оплодотворения сохраняют шарообразную форму и имеют диаметр в среднем около 80 - 85 мкм. С момента появления ризоидального выступа начинается изменение формы эмбрионов, а через 2 суток после оплодотворения начинает увеличиваться и их объем. Первое деление зиготы дает начало двум морфологически и функционально различающимся клеткам, одна из которых сформирует впоследствии таллом водоросли, а другая – ризоид. Соответственно, эмбрион состоит из фотосинтезирующей талломической части и ризоидальной части, практически лишенной пигментов. Рост эмбрионов в течение первых 3 месяцев развития описывается, в целом, экспоненциальной кривой (коэффициент корреляции 0,99). При этом основной вклад в увеличение объема эмбрионов вносит рост талломической части. Площадь поверхности фотосинтезирующей части эмбрионов, начиная с 2 суток после оплодотворения, увеличивается практически линейно. В течение всего исследованного периода талломическая часть растет, в основном, в длину, все больше отклоняясь от шарообразной формы. Толщина эмбрионов в этот период увеличивается очень медленно.



Для фотосинтезирующих организмов рост и изменение формы имеют особое значение. Увеличение объема водоросли приводит к уменьшению удельной абсорбции света хлорофиллом. Снижение этого показателя означает усиление внутриклеточного самозатенения в тканях растений: крупный организм (при условии постоянного содержания пигментов на единицу объема) поглощает меньше фотосинтетически активной радиации, что оказывает сильное влияние на его фотосинтетические характеристики. Исходя из этого можно ожидать, что интенсивность фотосинтеза более молодых (мелких) особей в расчете на единицу пигментов окажется относительно очень высокой: выше, чем у взрослых растений. Однако негативный эффект увеличения объема может быть частично скомпенсирован изменениями формы организма, приводящими к увеличению площади поверхности. Действительно, поскольку форма эмбрионов фукуса с возрастом все более отклоняется от изначальной шаровидной, площадь поверхности увеличивается очень значительно и быстро. Изменение размера и формы организма оказывает влияние на фотосинтетические параметры как планктонных, так и бентосных водорослей. Однако для литоральных и сублиторальных макрофитов, таких как фукусовые, этот фактор особенно важен. Оптическая плотность и эффект самозатенения у макрофитных водорослей обычно очень высоки и существенно изменяются в ходе онтогенеза, приводя к изменениям содержания пигментов и интенсивности фотосинтеза и дыхания.

### *Цитология, Гистология, Эмбриология*

***Адонин Л. С., Шапошникова Т. Г., Матвеев И. В.<sup>1</sup>, Подгорная О. И.<sup>1</sup>***  
Синтез предшественников мезоглеина в мезоглеальных и эпидермальных клетках сцифоидной медузы *Aurelia aurita* (Scyphozoa, Cnidaria)

<sup>1</sup>Институт цитологии РАН

Целью данной работы была проверка гипотезы о синтезе предшественников мезоглеина (белка мезоглеи с молекулярной массой 47 кДа, относящегося к семейству ZP-домен-содержащих белков внеклеточного матрикса) в мезоглеальных клетках и клетках эпидермы у сцифоидной медузы *Aurelia aurita*. Мезоглеальные клетки выделяли после обработки мезоглеи коллагеназой камчатского краба (ТИБОХ) в концентрации 1 мг/мл при температуре 10°C, эпидермальные клетки собирали механическим способом с поверхности купола медузы.

Разделенные в условиях SDS-электрофореза белки мезоглеальных и эпидермальных клеток переносили на нитроцеллюлозную мембрану и окрашивали антителами к мезоглеину. Контролем служила проба белков мезоглеи. Было показано, что в пробах мезоглеальных клеток окрашивается белок с молекулярной массой около 80 кДа. Белок такой же массы иногда выявляется в небольшом количестве и в пробах мезоглеи. В эпидермальных

же клетках на блоте красится белок, молекулярная масса которого составляет 120 кДа. Весьма вероятно, что эти белки могут являться предшественниками мезоглеина. Результаты молекулярного клонирования мРНК мезоглеина дали две последовательности, различающиеся между собой на 22 нуклеотидные пары. Разделение белков мезоглеина в условиях SDS-электрофореза часто дает двойную полосу в районе мезоглеина (45 – 47 кДа). Все это позволяет предположить существование двух изоформ этого белка. Возможно, что белки 80 кДа и 120 кДа могут являться предшественниками двух изоформ мезоглеина, одна из которых синтезируется мезоглеальными клетками, а другая – клетками эпидермы.

Ранее было показано, что мезоглеин обладает высоким положительным зарядом. Для проверки наличия такого заряда у его потенциальных предшественников было проведено разделение белков мезоглеальных и эпидермальных клеток в условиях кислого электрофореза по Чокли с последующим переносом их на мембрану и окраской антителами. При таком разделении выявляется до шести белковых зон, но ни одна из них не взаимодействовала с антителами к мезоглеину. Весьма вероятно, что предшественники мезоглеина гликозилированы (это характерно для ZP-домен-содержащих белков), и потому их суммарный заряд нейтрализуется, из-за чего они не выявляются в условиях кислого электрофореза. Либо конформация молекул белков-предшественников такова, что специфические сайты связывания с антителами оказываются недоступны.

Таким образом, в ходе работы были обнаружены потенциальные предшественники мезоглеина, синтезируемые мезоглеальными и эпидермальными клетками.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант 05-04-49578-а.

**Блинова М. И.<sup>1</sup>, Бобков Д. Е.<sup>1</sup>, Пинаев Г. П.<sup>1</sup>** Взаимодействие целомочитов морской звезды *Asterias rubens* и культивируемых фрагментов целомического эпителия в условиях *in vitro*

<sup>1</sup>Институт цитологии РАН

Общеизвестно, что при любом нарушении структуры или функции ткани или органа в организме эволюцией оставлена возможность ее восстановления. Это обеспечивается за счет заложенных в органе или ткани стволовых клеток. Морские беспозвоночные представляют собой уникальную природную модель для изучения процессов регенерации. Одним из предполагаемых клеточных источников процессов регенерации у этих животных рассматриваются целомочиты. Они первыми реагируют на любое повреждение - происходит почти моментальное свертывание их и образование сгустка, закрывающего рану.

Во время экспедиций на Беломорскую биологическую станцию ЗИН РАН Картеш в 2005 - 2006 гг. были выполнены эксперименты по взаимодействию в условиях *in vitro* целомочитов раненой звезды *Asterias*

*rubens* с культивируемыми фрагментами целомического эпителия. Взаимодействие оценивали по степени формирования сети целоцитов и времени её сокращения в присутствии культивируемых фрагментов целомического эпителия. Процессы образования и сокращения сети в условиях *in vitro* моделируют процессы образования сгустка целоцитов при повреждении тканей. Это четко проявляется в присутствии 10 М раствора  $\text{Ca}^{2+}$ .

Для исследования взаимодействия целоцитов и целомического эпителия целоциты добавляли в питательную среду, в которой находились фрагменты целомического эпителия, помещенные в лунки 24-луночных плат.

Показано: 1) в присутствии фрагмента целомического эпителия стандартно образуется сеть целоцитов после добавления раствора  $\text{Ca}^{2+}$ , движение ее при сокращении направлено в сторону фрагмента, тогда как в контроле (в отсутствии фрагмента) сеть сокращается к центру лунки с образованием сгустка. 2) В присутствии нескольких фрагментов, распределенных в разных местах лунки, или сплошного кольца эпителия, расположенного по периферии лунки, образовавшаяся сеть не может сократиться и остается в напряженном состоянии между фрагментами или в просвете кольца эпителия. 3) При сокращении сети целоцитов фрагменты могут вместе с сетью перемещаться к месту образования сгустка. 4) Формирование и сокращение сети в присутствии фрагментов ускоряется по сравнению с контролем. 5) При взаимодействии целоцитов с суспензией клеток эпителия, мигрировавших из культивируемых фрагментов, наблюдается ускоренное образование и сокращение сети целоцитов. 6) Супернатант солевого раствора, в котором находились клетки эпителия, также оказывал стимулирующее действие на образование и сокращение сети целоцитов, хотя сам процесс протекал более медленно. Этот факт может свидетельствовать о присутствии в растворе индукторов, синтезируемых клетками эпителия и влияющих на функционирование целоцитов при взаимодействии с целомическим эпителием. Вероятно, клетки эпителия синтезируют определенные индукторы, способствующие такому процессу взаимодействия.

**Воронкина И. В.<sup>1</sup>, Протасов М. В.<sup>2</sup>, Соловьева М. А.<sup>2</sup>, Ковальчук Т. С.<sup>2</sup>, Пинаев Г. П.<sup>1</sup>** Влияние белков целомической жидкости морской звезды *Asterias rubens* на процесс заживления ткани у млекопитающих на модели глубокой раны у крыс

<sup>1</sup>Институт цитологии РАН, <sup>2</sup>НИЦ Санкт-Петербургского Государственного Медицинского Университета им. акад. И.И. Павлова

Повреждение тканей вызывает у морской звезды изменения биохимического состава целомической жидкости. Проведенные ранее исследования (Воронкина и др., 2000, 2004) показали, что среди белков, появляющихся в целомической жидкости после нанесения животному раны, можно выделить несколько групп, отличающихся по биологической

активности. Эти исследования проводили на соматических клетках млекопитающих *in vitro* (Воронкина и др., 2002, 2003). Ранее нами была также разработана модель глубокой раны у крыс, позволяющая вводить различные вещества в полость раны и проводить биохимический анализ состава раневого отделяемого одновременно с гистологическим анализом тканей раны (Галибин и др., 2004). В настоящей работе было продолжено изучение влияния белков целомической жидкости морской звезды на заживление ран у млекопитающих *in vivo*. Был проведен анализ клеточного состава тканей раны и изучена динамика секреции матриксных металлопротеиназ в полость раны в норме и при введении белков. Данные, полученные в результате настоящего исследования, показали, что белки целомической жидкости морской звезды, вводимые в полость раны крыс, способны изменять течение начальных этапов процесса заживления. Введение белков группы I вызывало ускорение процессов начального этапа раневого процесса. Введение белков группы II вызывало деструкцию тканей раны и более выраженную воспалительную реакцию. Полученные результаты были сопоставлены с результатами, полученными ранее на клеточных культурах. Показано, что действие белков целомической жидкости морских звезд на заживление ран млекопитающих *in vivo* было аналогично их влиянию на свойства клеток млекопитающих *in vitro*.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант 00-04-55022, и Санкт-Петербургского научного центра РАН.

**Воронкина И. В.<sup>1</sup>, Шарлаимова Н. С.<sup>1</sup>, Блинова М. И.<sup>1</sup>, Торндайк М.<sup>2</sup>, Пинаев Г. П.<sup>1</sup>** Влияние белков целомической жидкости морской звезды *Asterias rubens* на миграцию клеток целомического эпителия морской звезды в культуре

<sup>1</sup>Институт цитологии РАН, <sup>2</sup>Морская биологическая станция Кристинеберг, Королевская Академия Наук, Швеция

При повреждении ткани биохимический состав целомической жидкости у морской звезды *Asterias rubens* изменяется по сравнению с интактным животным. Проведенные нами ранее исследования показали, что в целомической жидкости раненого животного повышается количество белка и мажорные белковые компоненты можно разделить на несколько групп по биологической активности: I группа обладает адгезивными свойствами, II – пролиферативными, III – цитотоксическими (Воронкина и др., 2000, 2003, 2004). В представленной работе изучение влияния этих групп белков на миграцию клеток, а также на скорость деструкции ткани проводили на культивируемой ткани целомического эпителия морской звезды.

Работу с морскими звездами проводили на морской биологической станции Кристинеберг, Швеция (Королевская Академия Наук Швеции) и на ББС Картеш (ЗИН РАН). Для экспериментов образцы ткани целомического эпителия морской звезды от животных, которым предварительно была

нанесена рана, и от интактных животных, культивировали *in vitro* в среде L-15 с 2% фетальной сыворотки в течение 8 суток. Мажорные белки бесклеточной целомической жидкости разделяли на гель-хроматографии. Биологическую активность полученных белковых фракций оценивали, вводя их в среду культивирования и наблюдая за состоянием эксплантата эпителиальной ткани и миграцией клеток из него. Каждые 24 часа подсчитывали количество клеток, мигрировавших из ткани в среду; состав и протеолитическую активность среды культивирования оценивали методом электрофореза и Вестерн-блота, а также методом зимографии.

Количество клеток, мигрировавших из ткани за время культивирования, было существенно выше для образцов ткани, взятых от раненых животных. Из ткани интактных животных клетки мигрировали равномерно в течение всего срока культивирования. Клетки из ткани раненых животных мигрировали в 1,5 - 2 раза быстрее в течение 3 - 6 суток, после чего скорость миграции снижалась до уровня, полученного для интактных животных. Одновременно происходило повышение уровня матриксных металлопротеиназ (ММП) в среде культивирования. При этом начальный уровень ММП был значительно выше в ткани от раненых животных.

Для изучения действия белковых фракций на скорость деструкции кусочка ткани их вводили вместо сыворотки в среду культивирования (без сыворотки), а контролем служила среда культивирования с 2% сыворотки. При этом введение фракций I группы снижало скорость деструкции ткани, а фракций III группы – повышало ее. При совместном действии различных фракций присутствие фракций III группы всегда приводило к повышению скорости деструкции ткани. Сопоставление результатов, полученных в данном исследовании, и результатов, полученных ранее на клетках млекопитающих, показало, что действие компонентов целомической жидкости проявляется одинаково как на клетках млекопитающих, так и на клетках морской звезды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант 05-04-08017, и Шведской Академии Наук, программа «Сотрудничество Швеции и стран бывшего СССР».

**Воронкина И. В.<sup>1</sup>, Шарлаимова Н. С.<sup>1</sup>, Торндайк М.<sup>2</sup>, Пинаев Г. П.<sup>1</sup>**  
Динамика секреции белков в целомическую жидкость морской звезды *Asterias rubens* на начальной стадии регенерации

<sup>1</sup>Институт цитологии РАН, <sup>2</sup>Морская биологическая станция Кристинеберг, Королевская Академия Наук, Швеция

Целомическая жидкость морской звезды в норме содержит некоторое количество белков, которое резко возрастает после повреждения тканей. Секретируемые белки стимулируют различные клеточные процессы (Воронкина и др., 2000, 2002, 2003, 2004) и могут принимать участие в процессах регенерации. В данной работе была изучена динамика появления этих белков в целомической жидкости после повреждения ткани.

Для обнаружения белков, секретируемых в целомическую жидкость на начальной стадии регенерации, были получены поликлональные антитела на различные группы этих белков. Разделение на группы было произведено по результатам ранее проведенного определения биологической активности этих белков *in vitro* (Воронкина и др., 2000, 2002, 2003, 2004). Белки этих групп были использованы для получения поликлональных антител. Получены антитела к белкам морской звезды *Asterias rubens*, секретируемым после повреждения ткани. С помощью этих антител изучена динамика секреции белков целомической жидкости в течение 24 часов после повреждения ткани.

Работу с морскими звездами проводили на Беломорской биологической станции Картеш и на морской биологической станции Кристинеберг (Швеция) в сезоне 2006 г. Свежепойманным морским звездам наносили стандартные экспериментальные раны, после чего животных помещали в садок до отбора проб. Через 3, 6, 9, 12 и 24 часа после нанесения раны из целомической полости шприцом отбирали целомическую жидкость, которую немедленно центрифугировали для отбора целомоцитов. Тотальный белок из бесклеточной целомической жидкости осаждали с помощью трихлоруксусной кислоты, из целомоцитов готовили лизат, после чего в обоих случаях готовили пробы для фореа. Вестерн-блот проводили с помощью антител, полученных на белки, выбранные по максимальной биологической активности в экспериментах *in vitro*. Результаты показали, что целомоциты начинают секретировать белки сразу после повреждения ткани. При этом максимумы секреции белков, разных по биологической активности, не совпадают.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант № 05-04-08017, и гранта Шведской Академии Наук (Швеция, Морская биологическая станция Кристинеберг, проф. М. Торндайк).

**Ересковский А. В., Мухачёв Е. В.** Эмбриональное развитие и дифференцировка личиночных спикул у губки *Haliclona aquaeductus* (Schmidt, 1862) (Haplosclerida, Demospongiae)

Основными таксономическими признаками в систематике Porifera считаются особенности скелета. Дополнительным валидным признаком успешно служит морфология личинок. Однако развитию и морфологии личиночных спикул практически не уделялось внимания, за исключением нескольких работ. В этих работах отмечалось, что спикулы личинок существенно отличаются от дефинитивных по составу, размерам и морфологии.

Целью настоящей работы было проследить особенности развития личиночных спикул у беломорской губки *Haliclona aquaeductus* (Schmidt, 1862) (Haplosclerida, Demospongiae). Сбор губок проводился в июне - июле 2006 г. в районе биостанции МБС СПбГУ с глубины 9 – 12 м со скал с

помощью легководолазной техники. Для световой микроскопии материал фиксировался в смеси Буэна с последующей стандартной гистологической обработкой. Для электронной микроскопии губки фиксировались 2,5% глютаральдегидом с постфиксацией OsO<sub>4</sub>.

*H. aquaeductus* имеет корковую, подушковидную или комкообразную форму с кратеровидными оскулюмами. Цвет светло-сиреневый. Для взрослых губок характерны исключительно макросклеры в виде слабо изогнутых короткоострых оксов 190 - 220 мкм длиной и 6 - 11 мкм толщиной.

Развитие *H. aquaeductus* в районе исследования происходит в конце июня – первой половине июля. Яйца и зародыши на разных стадиях собраны в кластеры и локализованы в хоаносоме. Дробление полное, неравномерное, асинхронное. Большое скопление крупных желточных включений или питающих клеток на разных стадиях их утилизации в цитоплазме яйца и бластомеров маскирует делящиеся ядра и границы бластомеров. Дробление заканчивается образованием морулы. На этой стадии проявляются первые признаки дифференцировки клеток, формирующих провизорные личиночные структуры. Активная пролиферация поверхностных клеток зародыша приводит к прогрессивному уменьшению их размеров, желточные включения исчезают. Этот процесс приводит к сегрегации зародыша на два слоя: наружный и внутренний. Таким образом, можно говорить, что у *H. aquaeductus*, как и у всех *Harposclerida*, происходит процесс, напоминающий морульную деляминацию.

Первыми дифференцированными и функционирующими клетками у зародышей *H. aquaeductus* (как почти у всех *Harposclerida*) являются склероциты – клетки, синтезирующие личиночные спикулы. Их дифференцировка начинается сразу же после начала переработки фрагментов питающих клеток или желточных гранул клетками морулы. Склероцит содержит большое количество гранул и вакуолей 0,3 - 0,5 мкм в диаметре и образует псевдоподии в течение всего времени формирования спикулы. По мере синтеза основной объем склероцита концентрируется в срединной части спикулы, постепенно «сползая» с нее и высвобождая концы окса. Первые спикулы локализуются в периферических участках зародыша. В процессе регионализации и аксиализации предличинки склероциты со спикулами мигрируют в ее центральную часть, а затем ближе к заднему полюсу.

Личинка *H. aquaeductus* - паренхимула эллипсоидной формы, вытянутая в переднезаднем направлении. Ее длина составляет 480 - 510 мкм при диаметре 210 - 220 мкм. Паренхимула заполнена клетками различной степени дифференцировки, часть из которых уже функционирует (склероциты, и покровные жгутиковые клетки). Личиночный скелет представлен равноконечными слегка изогнутыми оксами длиной 84 - 125 мкм при толщине 2 - 3 мкм. В виде пучка он расположен в районе заднего полюса и занимает приблизительно 1/3 длины личинки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант 06-04-48660.

**Климович А. В.<sup>1</sup>, Яковлева Н. В.<sup>1</sup>, Горбушин А. М.<sup>1</sup>** Частичная характеристика GPC-рецептора гемоцитов моллюска *Littorina littorea*

<sup>1</sup>Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М.Сеченова

В рамках комплексного исследования иммунной системы моллюсков с помощью метода дифференциального дисплея проведен анализ транскриптомов гемоцитов *Littorina littorea* (Gastropoda; Prosobranchia). Выявлено более ста коротких последовательностей генов (EST), экспрессия которых различается качественно и количественно у литорин, здоровых и зараженных партенитами трематоды *Himasthla elongata*. Среди таких последовательностей около 20 обнаруживают достоверное сходство с генами, кодирующими известные белки позвоночных и беспозвоночных животных. Представленная работа посвящена характеристике одного из таких генов, гомологичного генам рецепторов, сопряженных с G-белками (GPCR) животных. В работе использованы методы молекулярной биологии и биоинформатики.

С помощью методов быстрой амплификации концов кДНК (3`- и 5`-RACE) получена полная последовательность транскрипта, который состоит из 2,354 т.н. и включает белок-кодирующий регион, 5`- и 3`-нетранслируемые области и полиадениловый трек. Путем виртуальной трансляции последовательности мРНК получена аминокислотная последовательность пептида длиной 614 а.к.о. С помощью биоинформационных методов предсказаны следующие домены этого белка: сигнальный N-концевой пептид, сенсорный экстраклеточный участок, Lung\_7-TM\_R-домен, состоящий из 7 трансмембранных спиралей, 3 экстра- и 3 внутриклеточных петель, и цитоплазматический C-конец пептида. На последовательности белка также картированы гипотетические сайты гликозилирования, связывания G-белка и протеолитического отщепления сигнального пептида.

На основании анализа нуклеотидной и аминокислотной последовательностей, исследуемый белок *L. littorea* отнесен нами к обширной и чрезвычайно функционально-разнообразной группе рецепторов, объединенных одним структурным свойством – наличием домена Lung\_7-TM\_R. При этом ген GPC-рецептора *L. littorea* обнаружил наибольшее сходство с неаннотированной последовательностью в геноме моллюска *Aplysia californica*, с генами GRCR-подобных белков беспозвоночных животных *Apis mellifera*, *Anopheles gambiae* и *Strongylocentrotus purpuratus*, хордового *Branchiostoma floridae* и амфибии *Xenopus laevis*, а также с генами GPCR107/108 (LUSTR1/2) высших позвоночных – *Gallus gallus*, *Mus musculus* и *Homo sapiens*. Таким образом, GPCR гемоцитов *L. littorea* принадлежит к группе эволюционно весьма консервативных рецепторных молекул. До сих пор лиганды и функции этих рецепторов не описаны, в то время как характер их экспрессии у позвоночных изучен относительно подробно. У млекопитающих и птиц рецепторы GPCR107/108 экспрессируются в различных нормальных и трансформированных тканях, и в том числе – в



иммуно-компетентных клетках - лимфоцитах. Экспрессия гена GPCR у *L. littorea* обнаружена в гемоцитах – клетках, также реализующих иммунные функции. Это обстоятельство позволяет предположить участие описанного нами GPC-рецептора в реализации иммунных функций гемоцитами литорины.

С помощью метода ПЦР, сопряженной с обратной транскрипцией (RT-PCR), оценен уровень экспрессии гена GPCR в гемоцитах 20 особей *L. littorea*, здоровых и зараженных партенитами *H. elongata*. Обнаружено, что в гемоцитах инфицированных литорин количество мРНК GPCR достоверно меньше, чем в клетках здоровых моллюсков. Анализ особенностей экспрессии GPC-рецептора гемоцитов *L. littorea*, его специфичности и функций является предметом дальнейшего исследования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, гранты 06-04-63130 и 06-04-49617.

**Костюченко Р. П., Шишарина М. А.** Клеточные аспекты формирования зоны роста у полихет *Nereis virens* и *Platynereis dumerilii* (Nereidae)

С использованием методов иммуоцитохимии и конфокальной микроскопии, в том числе 4D конфокальной микроскопии, установлено, что у полихет *N. virens* и *Platynereis dumerilii* формирование сегментированного тела личинки происходит, прежде всего, при участии дочерних клеток первого и второго соматобластов (бластомеров 2d и 4d, соответственно), однако в меньшей мере за счет телобластической формы делений, чем это принято считать в учебной литературе. Важно отметить, что дочерние клетки собственно эктотелобластов формируют материал ларвальных сегментов, а несегментированные части тела, такие как перистомиум и пигидиальная и предпигидиальная области, образуются за счет клеток-потомков первых двух делений 2d и первого деления протелобластов соответственно. Это, в свою очередь, снимает главное возражение Т. Д. Андерсона (Anderson, 1966, 1973) против первичной гетерономности сегментов (Ivanoff, 1928; Иванов, 1944), т.к. есть основания полагать, что материал зоны роста формируется не за счет резидуальных телобластов, а за счет клеток – ранних продуктов первого соматобласта.

Нами были отработаны методики инкубации в *BrdU*, с последующим выявлением метки иммуоцитохимическим способом для исследуемых видов. В ходе предварительных экспериментов по включению *BrdU* при регенерации получены данные, позволяющие утверждать, что восстановление зоны роста происходит главным образом за счет активности клеток эктодермальных покровов в непосредственной близости от места пореза. При этом признаков возможной миграции клеток к раневой поверхности из других областей тела животных, в том числе и из внутренних тканей, обнаружено не было. Иммуохимическое выявление с помощью антител к фосфогистону H3 клеток, находящихся в митозе, подтверждает выводы, сделанные на основе экспериментов с *BrdU*.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант 06-04-49030-а.

**Кумейко В. В.<sup>1</sup>, Мухина Ю. И., Футикова Т. И., Подгорная О. И., Ефремова С. М.** Предварительные данные по идентификации белка р68 губки *Halisarca dujardini* как белка промежуточных филаментов

<sup>1</sup>Институт биологии моря ДВО РАН

Получены предварительные данные по идентификации белка р68 – специфического маркера личиночных жгутиковых клеток губок и хоаноцитов. Первоначально для идентификации белка р68, выделенного из личиночных ЖК *Halisarca dujardini*, мы применили метод масс-спектрометрии пептидной карты (MALDI-TOF) после протеолиза р68, изолированного из полиакриламидного геля. Анализ спектра с использованием ресурса Mascot ([www.matrixscience.com](http://www.matrixscience.com)) предварительно идентифицировал полипептид как цитокератин типа II (возможно, цитокератин 6) с высокой вероятностной оценкой (более 100). Молекулярная масса наиболее близких кератинов человека составляет 60 кДа.

Учитывая, что некоторые Demospongiae (*Oscarella*, подкласс Nomoscleromorpha) имеют типичные эпителиальные ткани с базальной мембраной и характерным для нее коллагеном IV (Boute et al., 1996), мы предположили, что обнаруженный белок может являться одним из белков промежуточных филаментов. Для проверки этого предположения были использованы антитела к цитокератинам класса 6 (Abscam, Великобритания), как потенциально близкого по результатам MALDI-TOF, а также антитела против rod-домена, который содержится в белках промежуточных филаментов. Оказалось, что белковые препараты личинок губки *H. dujardini* не содержали компонента, узнаваемого антителами против цитокератина 6, в то время как с помощью соответствующих антител выявлялись полосы белка р68, а также тубулины, что свидетельствует о нативности препаратов и об отсутствии артефактов негативной реакции как результата их протеолиза. В то же время на препаратах личинок губки *Halichondria panicea* с помощью антител к цитокератину 6 достоверно выявлялся низкомолекулярный полипептид (около 20 кДа).

Последний факт заслуживает внимания и говорит о том, что у губок могут быть обнаружены белки, гомологичные цитокератинам, однако имеющими нетипичную низкую молекулярную массу, так как цитокератины 6 обычно характеризуются молекулярной массой около 60 кДа. Низкая молекулярная масса обнаруженного компонента не может быть результатом протеолиза, поскольку другие маркерные компоненты (р68, тубулин) идентифицируются антителами как полипептиды с соответствующей молекулярной массой.

Антитела к rod-домену выявляли целый набор полос в области больших молекулярных масс у *H. dujardini* и *H. panicea*, в том числе и компонент с массой около 68 кДа, что является характерным результатом и для клеток человека и млекопитающих, имеющих целый набор белков, включающих rod-домены. Для уточнения колокализации р68 и rod-домена, мы провели аффинную очистку белка р68 из тотальных белковых экстрактов личинок

*H. panicea* с помощью частиц агарозы, несущих иммуноглобулин-связывающий белок А, и антител против р68 из *H. dujardini*. На иммуноблоте с помощью антител к белку р68 было установлено, что компонент с молекулярной массой 68 кДа действительно является исследуемым белком. Антитела против rod-домена выявляли в иммунных комплексах единственную зону, причем эта зона строго соответствовала области 68кДа.

Полученные результаты свидетельствуют, что белок р68 губок *Halisarca dujardini* и *Halichondria panicea* действительно имеет в своем составе rod-домен, характерный для белков промежуточных филаментов. Выяснение первичной структуры данного белка и его гена в перспективе позволит ответить на вопрос об эволюции белков промежуточных филаментов у Metazoa.

**Обухов Д. К., Обухова Е. В., Королева Т. В.** Формирование ЦНС молоди горбуши в естественной среде и в заводских условиях

Развитие ЦНС рыб находится под влиянием как генетических, так и средовых факторов, причем последние оказывают довольно значительное влияние на формирование структурно-функционального стереотипа ЦНС и адаптивные способности мальков (Никоноров, Витвицкая, 1993; Обухов и др., 2001, 2006). Условия содержания молоди на рыбзаводах зачастую сильно отличаются от таковых в естественных условиях, поэтому разработка технологических условий выращивания молоди, способствующих получению более качественного материала для воспроизводства ценных пород рыб, является важной задачей рыбоводной науки.

В работе впервые исследован процесс развития основных отделов (конечного и среднего) головного мозга у молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb. 1792) (весом в 220 и 250 мг), выращиваемой на рыбзаводах ГУП «Сахалинрыбвода», в сравнении с таковым у «диких» мальков, пойманных в реках этого региона. Проводился качественный и количественный нейроморфологический анализ цитоархитектоники гомологичных отделов мозга. У лососевых рыб, являющихся активными хищниками, наиболее важными в функциональном отношении являются конечный и средний мозг, где сосредоточены центры представительства основных анализаторных систем (обонятельной, зрительной, соматосенсорной и др.). Конечный мозг взрослой горбуши имеет достаточно высокий уровень дифференцировки: в его полушариях выделяется до 10 - 11 цитоархитектонических зон. В целом, план строения конечного мозга горбуши характерен для всей группы лучеперых рыб (Обухов, 1993). Средний мозг (тектум) горбуши имеет слоистое строение и включает в свой состав шесть клеточных и волоконных слоев, типичных для крыши среднего мозга лучеперых рыб (Vanegas, 1984; Кучеров и др., 1988).

Анализ структуры конечного и среднего мозга мальков с навеской в 220 - 250 мг показал, что к данному возрасту цитоархитектоническая

дифференцировка зон в областях полушарий еще не закончена: в дорсальной области выделяется только 4 зоны (медиальная - D.m., дорсальная - D.d., дорсо-латеральная - D.d-l., и центральная - D.c.) в вентральной области – 2 - 3 зоны (дорсальная - V.d., вентральная - V.v., латеральная - V.l.). Количественные параметры нейронных популяций (размеры и плотность распределения нейронов) также не достигают «взрослого» уровня. Наши данные показывают, что сравнительные характеристики «заводской» и «дикой» молодежи соответствующих навесок сходны, что говорит об одинаковых темпах развития их ЦНС и свидетельствует о создании на рыбоводном предприятии условий, благоприятных для развития мальков.

Средний мозг мальков с навеской как в 220 мг, так и в 250 мг не достигает уровня развития среднего мозга у взрослых особей. Компьютерный анализ структуры крыши среднего мозга мальков показал, что у них еще не сформированы важные в функциональном отношении слои тектума (SFGS и SGC), связанные с сетчаткой и обеспечивающие эфферентные связи тектума с другими отделами головного мозга. Нижний перивентрикулярный (SPV) слой тектума мальков обеих групп (заводских и диких) очень широкий (по сравнению с таковым у взрослых особей), что говорит об активных миграционных процессах в тектуме. При этом существенных качественных и количественных различий в структуре тектума у мальков заводского и дикого типов также не выявлено.

Таким образом, в работе было показано, что к данному возрасту процесс формирования ЦНС горбуши не завершен, создавая основу для адаптивной пластичности ЦНС в дальнейшем. Более того, условия выращивания, созданные на рыбзаводе, способствовали формированию у «заводских» мальков сходного с «дикими» уровня морфо-функциональной организации мозга, что является определенным показателем качества «заводских» мальков.

**Цыбатова Е. В., Костюченко Р. П.** Экспрессия гена *Fox A2* (*forkhead box A2*) в морфогенезах личиночного развития и регенерации у полихет сем. Nereidae

В ходе работ по выяснению участия гена *Fox A2* (*forkhead box A2*) в морфогенетических программах личиночного развития и регенерации у полихет методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с вырожденными праймерами к консервативной части гена, а затем и 3'RACE и 5'RACE ПЦР для *Nereis virens* и *Platynereis dumerilii* было произведено клонирование фрагментов генов *Fox A2*, содержащих как 3', так и 5' нетранслируемые зоны. Эти протяженные фрагменты были применены для последующей оценки экспрессии генов методами молекулярной гибридизации *in situ*.

Экспрессия гена *Fox A2* у полихет *Nereis virens* и *Platynereis dumerilii* носит в целом сходный характер. Первые признаки экспрессии отмечены в клетках-основательницах эктомезодермальных линий квадрантов А, В и С,

еще на стадии начала замыкания бластопора. Позже экспрессия развивается в клетках всех четырех квадрантов, формирующих стомодеум (вентральная и латеральные губы бластопора) и проктодеум (дорсальная губа бластопора). Сильная экспрессия гена отмечена в глотке на протяжении всех личиночных стадий, в ходе которых происходят морфогенетические перемещения клеток в составе пластов (морфогенезы эпителиального типа), в формирующейся задней кишке, в основаниях параподий и по медианной линии личинки предположительно в части формирующихся нервных элементов. На завершающей личиночной стадии – нектохете - экспрессия появляется в средней кишке, знаменуя окончательное ее формирование и переход к питанию, а также в части головного мозга полихеты. По окончании метаморфоза и перехода к постларвальному развитию животного уровень экспрессии гена *Fox A2* в большинстве тканей сильно снижается вплоть до порогового уровня чувствительности метода гибридизации *in situ*. Однако при регенерации заднего конца экспрессия отмечена вновь на высоком уровне в области восстанавливающихся пигидия и задней кишки. Выяснение вопроса о тканеспецифичности экспрессии гена *Fox A2* требует дополнительных методов анализа, однако полученные данные уже сейчас позволяют сделать вывод о значимой роли этого гена в морфогенетических программах личиночного развития и регенерации у полихет.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант 06-04-49030-а.

**Шарлаимова Н. С., Петухова О. А., Пинаев Г. П.<sup>1</sup>** Анализ адгезивных свойств клеток целомической жидкости *Asterias rubens* L. на ранних сроках заживления раны

<sup>1</sup>Институт цитологии РАН

Важную роль в процессах регенерации и заживления раны, а также в защитных реакциях иглокожих выполняют целомоциты (ЦЦ). Ранее при исследовании клеточного состава целомической жидкости (ЦЖ) морской звезды *Asterias rubens* L. было описано три основных типа клеток: агранулоциты, гранулоциты и мелкие клетки с высоким ядерно-цитоплазматическим отношением. Было показано, что при экспериментальном истощении ЦЖ доля мелких клеток, предположительно, предшественников всех ЦЦ, достоверно увеличивается к 3 дню после нанесения раны. Для того чтобы исследовать возможность дифференцировки этого типа клеток в зрелые ЦЦ и проследить пути восстановления популяции, был проведен анализ такой функциональной характеристики клеток ЦЖ как способность распластываться на иммобилизованных лигандах.

Эксперименты проводили на Беломорской биологической станции, мыс Картеш, в сентябре 2005 и 2006 гг. Звездам (диаметром 10 -12 см) отрезали кончик луча, максимально спускали ЦЖ, после чего проводили замещение остатков ЦЖ 10 - 15 мл морской воды. Животных содержали в садках в

течение 5 ч, 3 и 7 суток после нанесения раны. Суспензию ЦЦ промывали CMFSS ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ - free salt saline), а затем помещали в морскую воду и наносили на различные субстраты – фибронектин (Фн), ламинин (Лм), и, в качестве контроля, на полилизин (Пл) и стекло (С). Клетки фиксировали через 1 час после прикрепления и окрашивали родамин-фаллоидином. Для оценки состояния хроматина параллельно проводили окраску ядер Dapi. Препараты анализировали с помощью конфокального микроскопа Leica (об. 100x).

Было показано, что характер распластывания ЦЦ зависит от типа лиганда. Так, на Фн клетки образуют сети, близкие к монослою на всех сроках после нанесения раны, на Лм наблюдаются отдельные агрегаты распластанных клеток, которые образуют сети с тонкими отростками только через 3 суток после истощения ЦЖ, на Пл и С наблюдали отдельные участки сетей во всех случаях. После окрашивания родамин-фаллоидином было выявлено несколько типов клеток – крупные ЦЦ (от 20 мкм, ядро – 4 - 7 мкм), принимающие участие в образовании сетей; клетки, распластанные вне сетей (от 20 мкм, ядро – 4 - 7 мкм); петалоидные ЦЦ (5,5 - 10 мкм, ядро – 3,2 - 5 мкм); ЦЦ с плотным “полярным” F-актином (5,5 - 12 мкм) с ярко окрашенным структурированным ядром диаметром 3,1 - 4,1 мкм; клетки с высоким ядерно-цитоплазматическим отношением либо не окрашенные родамином, либо имеющие несколько гранул F-актина со структурированным ядром (3,5 - 4,1 мкм). Основные изменения клеточного состава были обнаружены к 3 суткам, когда наблюдалось увеличение доли клеток с “полярным” F-актином, а также клеток, имеющих высокое ядерно-цитоплазматическое отношение. Помимо различий качественного состава клеток ЦЖ в зависимости от типа лиганда, были показаны особенности динамики изменения количества ЦЦ, способных прикрепиться к тому или иному лиганду в зависимости от срока заживления раны. Максимальное количество прикрепленных клеток наблюдали на Фн к 5 часам, на Лм – к 3 суткам. К 7 суткам после истощения ЦЖ количество клеток в среднем уменьшалось до прежнего уровня.

Сравнительный анализ распластывания клеток на Фн, Лм и Пл позволяет предположить различные функции ЦЦ в сетях, когда только определенный тип клеток может выполнять роль мостика, связывающего агрегаты. Анализ состояния хроматина после окрашивания ядер и цитоскелета позволяет проследить последовательные изменения морфологии ЦЦ и выстроить ряды от мелких клеток, практически не синтезирующих актин, до клеток с плотным “полярным” F-актином. Вопрос о том, являются ли петалоидные клетки промежуточными между клетками с “полярным” F-актином и крупными ЦЦ остается открытым.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта НШ-7852.2006.4

*Участники VIII научной сессии МБС СПбГУ*

Абдурахманова Ш. О.	Коробулин В. В.	Протасов М. В.
Абрамова Е. Н.	Королева Т. В.	Пузанский Р. К.
Адонин Л. С.	Костюченко Р. П.	Разговорова И. А.
Андронов Е.Е.	Крупенко Д. Ю.	Раилкин А. И.
Аристов Д. А.	Кузнецова Е. К.	Родэ Л. Ю.
Артемьева А. В.	Кумейко В. В.	Сафина Д.А.
Балашова Н. Б.	Лаврова О. Б.	Силякова А. В.
Бесядовский А. Р.	Лайус Д. Л.	Смагина Д. С.
Барабанова Л. В.	Левакин И. А.	Смирнова С. В.
Блинова М. И.	Лезин П. А.	Соловьева М. А.
Бобков Д. Е.	Лиевина Т. Б.	Спетницкая Н. А.
Братова О. А.	Лоскутова З. И.	Старков А. И.
Бухвалов Ю. О.	Магомедова З. М.	Степанова И. С.
Вербицкая А. Н.	Максимович Н. В.	Старунов В. В.
Вишнякова И. И.	Мальшева Д. А.	Стогов И. А.
Воробьев К.П.	Маслов Ю. И.	Стогов И. И.
Воронкина И. В.	Матвеев И. В.	Столбовая А. Ю
Гагаринова Н. Г.	Мигунова А.В.	Сухих Н. М.
Герасимова А. В.	Мичилашвили О. А.	Таборский Д. А.
Гимельбрант Д. Е.	Мищенко О. В.	Тамберг Ю. Ю.
Гогорев Р. М.	Мовчан Е. А.	Тараховская Е. Р.
Голубков С. М.	Морозов В. Ю.	Тихомиров И. А.
Горбушин А. М.	Мухачёв Е. В.	Торндайк М.
Горных А. Е.	Мухина Ю. И.	Умнова Л. П.
Гришанков А. В.	Назарова С. А.	Филиппова Н. А.
Дукаревич М. М.	Нестерович А. С	Фокин М. В.
Ересковский А. В.	Нецепляева И. С.	Футикова Т. И.
Ефремова С. М.	Обухов Д. К.	Хайтов В. М.
Жижина О. Г.	Обухова Е. В.	Халаман В. В.
Задевалова М. И.	Павлов А. К.	Цыбатова Е. В.
Зеленников О. В.	Паскерова Г. Г.	Чанг С.
Иванов М. В.	Петровский П. П.	Чикадзе С. З.
Иванова Т. С.	Петухова О. А.	Чужекова Т. А.
Иванюкович А. А.	Пинаев Г. П.	Чунаев А. С.
Исакова Л. П.	Плоткин А. С.	Шапошникова Т. Г.
Католикова М. В.	Подгорная О. И.	Шарлаимова Н. С.
Квитко К.В.	Полоскин А. В.	Шишарина М. А.
Климович А. В.	Полоскин А. В.	Шунатова Н. Н.
Ковальчук, Т. С.	Полякова Н. А.	Ягунова Е. Б.
Козминский Е. В.	Полякова Н. В.	Яковис Е. Л.
Козырченко Т. Ф.	Примаков И. М.	Яковлева Н. В.