

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

VI НАУЧНАЯ СЕССИЯ  
МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

к 80-летию проф. А.А.Заварзина  
и 30-летию МБС СПбГУ

8 февраля 2005 г.

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Санкт-Петербург  
2005

Оргкомитет VI сессии МБС СПбГУ в составе:

Александр Иванович Раилкин (председатель),  
Андрей Игоревич Гранович  
Александр Валентинович Жук,  
Роман Петрович Костюченко,  
Михаил Гершович Левитин,  
Николай Владимирович Максимович,  
Игорь Арсениевич Стогов,  
Андрей Эдуардович Фатеев,  
Александра Давыдовна Харазова,  
Татьяна Григорьевна Шапошникова

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.

VI научная сессия МБС СПбГУ. Тезисы докладов. СПб., 2005. 96 с.  
Редакторы: А.И.Раилкин, И.А.Стогов.

© Учебно-научный центр биологии и почвоведения СПбГУ, 2005.

Уважаемые друзья и коллеги!

Научные сессии Морской биологической станции Петербургского университета начали проводиться с 2000 г. и с тех пор стали ежегодным отчетом о наших научных результатах, полученных на МБС. Последние годы биостанция находится на подъеме, в чем большая заслуга как ее руководства, так и руководства УНЦБиП, много внимания уделяющего поддержанию и развитию учебных и научных работ на МБС.

2005-й год – особенный: мы проводим VI научную сессию в год 30-летия биостанции. В настоящее время Оргкомитет готовит к выпуску юбилейный сборник статей. В этом году мы отмечаем 80-летие со дня рождения профессора Алексея Алексеевича Заварзина, много сделавшего для организации и становления МБС и ставшего фактически ее первым научным руководителем. Наша сессия проходит 8 февраля 2005 г. на кафедре цитологии и гистологии, которой он руководил в течение многих лет. Этим двум замечательным датам и посвящена настоящая сессия. Ее основные материалы в форме научных статей будут опубликованы в биологической серии журнала «Вестник СПбГУ».

В работе VI сессии приняли участие более 100 человек, примерно половина из них – молодые специалисты, аспиранты и студенты. Поэтому наша сессия – традиционно молода по среднему возрасту ее участников. В сборнике тезисов представлено более 60 докладов от всех 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., Кузнецова Е.С. Эпиксильные лишайники на островах Керетского архипелага (Белое море) 8
- Нестерович А.С., Балашова Н.Б. Материалы к флоре десмидиевых водорослей о.Средний (Керетский архипелаг, Белое море) 9
- Паутов А.А. Поверхность эпидермы листьев *Populus tremula* L. на материковой части и островах Керетского архипелага (Белое море) 11

### Биохимия

- Кулева Н.В., Миронова А.П. Возможный механизм адаптивного ответа беломорской мидии на этанол 12

### Гидробиология, Ихтиология

- Андерсон Е.А., Мовчан Е.А. К исследованию зоопланктона и макрозообентоса предустьевого участка реки Кереть 13
- Андреев В.М., Мовчан Е.А. Структура сообществ макрофитов малых лесных озер Карельского берега Белого моря 15
- Герасимова А.В., Касаткина Л.С., Максимович Н.В., Мартынов Ф.М. Пространственная организация сообществ *Mya arenaria* L. в условиях песчано-илистой литорали Белого моря 16
- Герасимова А.В., Саминская А.А., Максимович Н.В. Линейный рост *Serripes groenlandicus* Brigière в северных морях России 18
- Гуричев П.А., Белоусов И.Ю. Биологическая дифференциация сига *Coregonus lavaretus* L. бассейна губы Кереть и ближайших озер 19
- Гуричев П.А., Полякова Н.А., Синюхина А.Н. Характеристика питания и роста сига *Coregonus lavaretus* L. бассейна губы Кереть и ближайших озер 21
- Иванов А.А., Иванова Т.С. Рост и размерно-возрастная структура популяций щуки (*Esox lucius* L.) в малых озерах Карельского Берега Белого моря 22
- Исаков А.В., Иванов М.В. Структурные характеристики сообществ макрозообентоса мягких грунтов sublиторали Керетского архипелага в градиентах физико-химических показателей донных осадков 23
- Кошелева А.Н., Полякова Н.В. Использование беломорских наскальных ванн как модельного объекта для оценки влияния нефтяного загрязнения на зоопланктон 24
- Мартынов Ф.М., Герасимова А.В., Максимович Н.В. О пополнении литоральных поселений *Mya arenaria* L. Белого моря. 26
- Полякова Н.В. Вертикальное распределение зоопланктона в малом озере 27
- Старков А.И., Полякова Н.В., Мовчан Е.А., Стогов И.А. Структура биоты наскальных ванн разной солености 29
- Стогов И.А. К вопросу о прогнозировании в гидробиологии 31
- Стогов И.И., Мовчан Е.А. Макрозообентос зарослевой литорали озера Тростяного Карельского побережья Белого моря 32
- Филиппова Н.А., Филиппов А.А. Динамика клеточной устойчивости мерцательного эпителия беломорских двустворчатых моллюсков *Masoma balthica* L. в ходе акклимации к пониженной солености 33

Аристов Д.А., Булыгин Д.М. Использование пустых домиков <i>Semibalanus balanoides</i> (L., 1766) некоторыми видами литорального макрозообентоса в качестве убежища (о. Рязков, вершина Кандалакшского залива, Белое море)	35
Барбина А.А., Гранович А.И., Батагов А.О. Фенотипическая структура эстуарных популяций <i>Littorina obtusata</i> (L.): стабильность частот и клинальные изменения	36
Басова Л.А. Зараженность <i>Macoma balthica</i> L. Белого и Баренцева морей паразитическими трематодами сем. Gymnophallidae	38
Братова О.А. Новые данные о видовом составе рода <i>Henricia</i> (Echinodermata, Asteroidea) акватории Керетского архипелага Белого моря.	39
Буфалова Е.Н., Козин М.Б., Католикова М.В., Сухотин А.А., Стрелков П.П. Мидии р. <i>Mytilus</i> губы Тюва (Кольский залив, Баренцево море)	40
Генельт-Яновский Е.А., Шунькина К.В., Полоскин А.В. Характеристика поселений <i>Macoma balthica</i> (L.) в юго-восточной части Баренцева моря	42
Добрецов С.В., Раилкин А.И. Выбор субстрата личинками <i>Mytilus edulis</i> и <i>Perna viridis</i>	44
Знаменская О.С., Гранович А.И. Подразделенность популяций <i>Littorina saxatilis</i> (Olivì) и <i>L. obtusata</i> (L.) в зоне перекрывания их ареалов	45
Католикова М.В., Лайус Д.Л., Стрелков П.П. Морфологическая изменчивость мидий <i>Mytilus</i> морей Северной Европы	46
Котенко О.Н., Шунатова Н.Н., Цитрин Е.Б. Мышечная система трех различных морфотипов личинок морских мшанок (Bryozoa: Gymnolaemata): иммуноцитохимическое исследование	48
Крапивин В.А. Распределение поселений двустворчатого моллюска <i>Arctica islandica</i> (L) с различной зараженностью немертиной <i>Malacobdella grossa</i> (O. F. Muller) в районе Керетского архипелага губы Чупа Кандалакшского залива Белого моря	49
Манылов О.Г. Иммунореактивность к RF-амиду в нервной системе брюхохоресничных червей (Gastrotricha)	50
Назарова С.А., Полоскин А.В. О флуктуациях численности <i>Macoma balthica</i> L. в популяциях ктовой части Кандалакшского залива (Белое море)	51
Николаева Д.М., Фокин М.В., Гранович А.И. Влияние микрофаллид группы «ругмаеус» на генотипическую структуру популяции хозяев – моллюсков <i>Littorina saxatilis</i> и <i>L. obtusata</i>	53
Николаева М.А., Яковис Е.Л., Фокин М.В., Шунатова Н.Н., Гришанков А.В. Зависимость роста <i>Balanus crenatus</i> Bruguiere от присутствия асцидий-эпибионтов подтверждает гипотезу о конкуренции	54
Петрова Ю.А., Михайлова Н.А., Гранович А.И. Морфологические особенности и изменчивость копулятивного аппарата самцов беломорских моллюсков <i>Littorina saxatilis</i> (Olivì)	55
Раилкин А.И., Усов Н.В., Чикадзе С.З. Оседание, пополнение и рост гидроидных полипов в разных гидродинамических условиях	57
Раилкин А.И. Оптимизация бентосными сообществами гидродинамических условий обитания	58
Слюсарев Г.С., Манылов О.Г. Строение мышечной системы у <i>Loxosomella marisalbi</i> (Entoprocta: Solitaires)	59

Старунов В.В., Тихомиров И.А. Судьба второго и третьего ларвальных сегментов в онтогенезе полихеты <i>Nereis virens</i> Sars	60
Хайтов В.М., Алексеева Л.А. О связи многолетних изменений размерной структуры поселения мидий и изменений биомассы нитчатых водорослей	60
Хайтов В.М., Теровская Е.В. О возможности использования морфометрических параметров тела для видовой идентификации самок равноногих раков рода <i>Jaera</i>	62
Ягунова Е.Б. Строение колонии <i>Cribrillina annulata</i> (Bryozoa, Cheilostomatida): географическая и биотопическая изменчивость	63

### Микробиология

Бухвалов Ю.О., Вербицкая А.Н., Квитко К.В. Бактериальная обсемененность вод Керетского архипелага - новый взгляд	65
Гапонова И.Н., Маслов Ю.И., Квитко К.В. Секреция мальтозы и глюкозы северными и южными зоохлореллами и особенности ее регуляции экзогенными сахарами	67
Квитко К.В., Мигунова А.В. Одноклеточные зеленые водоросли - симбионты беспозвоночных животных	69

### Физиология и биохимия растений

Тараховская Е.Р., Маслов Ю.И., Раилкин А.И. Рост эмбрионов <i>Fucus vesiculosus</i> L. в разных гидродинамических условиях	72
--	----

### Цитология, Гистология, Эмбриология

Бакаленко Н.И., Андреева Т.Ф. Анализ экспрессии гена <i>Nvi-hox6</i> в развитии полихеты <i>Nereis virens</i>	73
Бегас О.С., Широкова В.Н., Князев Н.А., Самойлович М.П. Выявление консервативных антигенов у беспозвоночных и примитивных хордовых с помощью моноклональных антител	74
Габай И.А., Костюченко Р.П. Динамика клеточных популяций при формировании и функционировании зоны роста в онтогенезе nereид	75
Габай И.А., Костюченко Р.П. Клеточные аспекты регенерации у Nereidae	76
Дьячков И.С., Кудрявцев И.В., Харазова А.Д., Полевщиков А.В. Адаптация метода митоген-индуцированной пролиферации лимфоцитов для целомоцитов морской звезды <i>Asterias rubens</i>	78
Дьячков И.С., Кудрявцев И.В., Харазова А.Д., Полевщиков А.В. Оценка пролиферативной и метаболической активности целомоцитов <i>Asterias rubens</i> in vitro в ответ на митогенную стимуляцию	79
Елисеева Е.В., Кулакова М.А., Андреева Т.Ф. Анцестральная и кооптированная функции постериальных Нох генов в личиночном развитии полихет <i>Nereis virens</i> и <i>Platynereis dumerilii</i>	81
Климович А.В., Горбушин А.М. Морфо-функциональная характеристика гемоцитов <i>Buccinum undatum</i> (Mollusca: Gastropoda)	82

Кудрявцев И.В., Дьячков И.С., Рябов В.Б., Харазова А.Д., Полевщиков А.В. Влияние повторного введения эритроцитов человека на динамику защитных факторов морской звезды <i>Asterias rubens</i>	84
Кудрявцев И.В., Дьячков И.С., Рябов В.Б., Харазова А.Д., Полевщиков А.В. Влияние различных антигенов на динамику клеточных и гуморальных защитных факторов морской звезды <i>Asterias rubens</i>	85
Кудрявцев И.В., Дьячков И.С., Канайкин Д.П., Харазова А.Д., Полевщиков А.В. Оценка сезонных влияний на параметры защитных реакций морской звезды <i>Asterias rubens</i>	86
Кулакова М.А., Елисеева Е.В., Андреева Т.Ф. Постларвальная экспрессия постериорных Нох-генов <i>Nereis virens</i> и <i>Platynereis dumerilii</i> (Polychaeta; Annelida; Lophotrochozoa)	87
Новикова Е.Л., Андреева Т.Ф. Анализ экспрессии Нох гена <i>Nvi-lox5</i> в ларвальном развитии полихеты <i>Nereis virens</i>	88
Харин А.В., Костюченко Р.П. Регенерация у <i>Nais communis</i>	89
Шапошникова Т.Г., Павлов А.Е. Получение фракции тестальных клеток, окружающих ооциты, у асцидии <i>Styela rustica</i>	90
Эрлих Г., Ересковский А.В. Современные методы исследования губок в качестве потенциальных моделей для создания новых биоматериалов	91
Эрлих Г., Ересковский А.В., Дроздов А.Л. Исследование глубоководных кораллов семейства <i>Isididae</i> в качестве потенциальных моделей для создания новых биоматериалов	92
Яковлева Н.В., Горбушин А.М. Гемограмма <i>Littorina littorea</i> (Gastropoda, Prosobranchia)	93
Участники сессии (алфавитный указатель)	96

**Гимельбрант Д.Е., Кузнецова Е.С.** Эпиксильные лишайники на островах Керетского архипелага (Белое море)

Лишайники занимают одно из ведущих мест в растительных сообществах островов Керетского архипелага (Белое море, Кандалакшский залив, Karelia Keretina). Начатые нами в 1997 г. эколого-флористические исследования позволили выявить в пределах архипелага 470 видов и 12 внутривидовых таксонов лишайников (Гимельбрант, Мусякова, 1999, 2000 а, б, 2001; Гимельбрант, 2001; Гимельбрант и др., 2001 а, б, в; Титов и др., 2002; Kukwa et al., 2003). Специальные исследования (Himmelbrant, Kuznetsova, 2002; Гимельбрант, Кузнецова, 2002, 2003, 2004) показали, что значительное место в лишайнофлоре островов занимают эпиксильные лишайники. Всего обнаружено 192 вида (40,9% всей лишайнофлоры), относящихся к 60 родам и 31 семейству. Эпиксильные лишайники отмечены на 78 из 132 пробных площадей (59,1%).

Проанализировано распределение эпиксильных лишайников по трем типам древесных субстратов в зависимости от их происхождения. Наибольшее число видов отмечено на обработанной человеком древесине – 127 (27% лишайнофлоры; 22 пробных площади на 9 островах и материковом побережье). На сухостое и валеже нами обнаружено 117 видов (24,9% видового состава лишайнофлоры; 41 пробная площадь на 9 островах). Наименее разнообразен видовой состав лишайников на плавнике – на этом типе субстратов выявлено 104 вида (22,1% лишайнофлоры; 23 пробных площади на 17 островах и материковом побережье). Максимальное число видов на пробной площади было наибольшим для обработанной древесины (62), заметно меньшим для плавника (49), наименьшим – для древесины естественного происхождения (31). Как видно из приведенных данных, показатели видового разнообразия зависят не столько от количества обследованных пробных площадей, сколько от специфики происхождения и пространственного положения субстрата, что определяет степень его минерализации, уровень освещенности и увлажнения. Наибольшее сходство видового состава отмечено для плавника и обработанной древесины – коэффициент общности Серенсена-Чекановского составил 68,4%. Для обработанной древесины и древесины естественного происхождения коэффициент общности составил 59,6%, а для плавника и древесины естественного происхождения оказался наименьшим – 54,3%. Вероятно наибольшее сходство видового состава лишайников, обитающих на плавнике и обработанной древесине может объясняться более высокой минерализацией и, возможно, эвтрофикацией этих типов древесного субстрата по сравнению с валежом и сухостоем. Благодаря этому на плавнике и обработанной древесине встречаются такие предпочитающие обогащенные субстраты виды, как *Amandinea punctata*, *Buellia erubescens*, *Candelariella vitellina*, *Lecanora hagenii*, *L. varia*, *Phaeophyscia sciastra*, *Physcia caesia*, *P. dubia*, *Rinodina pyrina* и *Xanthoria candelaria*, часто связанные с орнитокопрофильными сообществами.

Анализ субстратной приуроченности лишайников, обнаруженных на Керетском архипелаге, позволил нам выделить для каждого из трех типов древесного субстрата 6 групп видов. Стенотопными по отношению к плавнику являются 4 вида типично приморских территорий – *Caloplaca fraudans*, *Lecanora orae-frigidae*, *Lecanora xylophila* и *Ramalina subfarinacea*. Только на обработанной древесине также встречено лишь 4 вида, часто приуроченных на севере таежной зоны к антропогенным местообитаниям – *Lecanora saligna*, *Lecanora subintricata*, *Pseudevernia furfuracea* и *Thelomma ocellatum*. Примечательно, что для сухостоя и валежа стенотопными оказались 6 видов, все из числа калициоидных лишайников и грибов, типичных обитателей лесов (*Chaenotheca brunneola*, *C. gracillima*, *C. stemonea* и *Chaenothecopsis pusiola*) или верховых болот (*Calicium denigratum* и *Chaenothecopsis fennica*). Для описания эпиксильных лишайниковых сообществ важно отметить и характерные (типичные) виды, поселяющиеся на различных типах древесного субстрата, а на других субстратах являющиеся случайными или факультативными, либо вовсе не встречающиеся. Всего таких видов обнаружено 12: *Calicium trabinellum*, *Chaenothecopsis pusilla*, *Cyphelium tigillare*, *Elixia flexella*, *Hypocenomyce friesii*, *H. xanthococca*, *Hypogymnia bitteri*, *Lecidea turgidula*, *Pyrrhospora elabens*, *Xylographa opegraphella*, *X. parallela* и *X. vitiligo*. Таким образом, эпиксильные лишайниковые сообщества Керетского архипелага в целом обладают низкой специфичностью – только 26 перечисленных видов (13,5%) определяет специфику их видового состава. Остальные 86,5% представителей этой эколого-субстратной группы относятся к числу факультативных и случайных обитателей мертвой древесины, являются широко эвритопными видами либо их невозможно отнести к какой-либо из указанных групп. Еще менее выражена специфика видового состава лишайников отдельных типов древесного субстрата: для лишайниковых сообществ сухостоя и валежа она составляет 12,8% (15 видов), для обработанной древесины – 7,1% (9 видов), а для плавника – лишь 6,7% (7 видов).

**Нестерович А.С., Балашова Н.Б.** Материалы к флоре десмидиевых водорослей о.Средний (Керетский архипелаг, Белое море)

На острове Средний представлены разнообразные пресноводные водоемы, во флоре которых отмечены десмидиевые водоросли (Киселев, 2004).

Десмидиевые водоросли (отдел Chlorophyta, класс Zygnematomphyceae, порядок Desmidiales) являются типично пресноводными организмами. Они широко распространены по всему земному шару, но наиболее разнообразны и обильны в местообитаниях с кислой реакцией среды – в торфяных болотах и озерах, мелких сфагновых водоемах, ручьях и речках, подвергающихся воздействию торфяников. Название десмидиевые (от греч. desmos – связка) было дано всей группе водорослей в середине XIX века по первым

представителям, которые стали известны исследователям. Они характеризовались клетками, соединенными в длинные нити или цепочки. Однако дальнейшие исследования показали, что большинство из них существует как одноклеточные организмы. Необычность внешнего вида этих водорослей издавна привлекала внимание альгологов, благодаря чему эта группа водорослей является хорошо изученной во многих районах земного шара. К настоящему времени известно свыше 4000 видов десмидиевых и это одна из самых больших групп отдела зеленых водорослей. Легко узнаваемые в исследуемом материале, десмидиевые водоросли весьма трудны для систематического определения. Для этого необходимо рассмотреть клетку с лицевой стороны, сбоку и сверху, отметить особенности строения оболочки, хлоропласта клетки и т.д. Среди десмидиологов нет единого мнения о значимости отдельных признаков десмидиевых, поэтому существуют разногласия в интерпретации таксонов. Все это затрудняет ее изучение.

На севере европейской части России в Карело-Лапландском флористическом районе (согласно классификации, принятой во “Флоре споровых растений СССР”), к которому относится остров Средний, данные о флоре десмидиевых водорослей были обобщены Косинской Е.К. еще в 60-е годы прошлого столетия. Наиболее изученными к тому времени были лишь некоторые районы Карелии и Мурманской области. Это положение сохраняется и до наших дней.

Летом 2004 г. на о. Средний в Большом, “Казанском”, Водозаборном (Малом) озерах, болоте, расположенном к востоку от Большого озера, в ручьях, вытекающих из Большого озера, были взяты пробы водорослей. Они представляют собой выжимки из сплавины, скоплений мхов, травянистых растений. Всего собрано 20 проб.

В обследованных водоемах обнаружено 33 вида десмидиевых водорослей, представителей семейств Closteriaceae (2 вида) и Desmidiaceae (31 вид), родов *Cosmarium* (14), *Euastrum* (8), *Cosmoastrum* (3), *Closterium* (2), *Tetmemorus* (2), *Actinotaenium* (1), *Pachyphorium* (1), *Pleurotaenium* (1), *Staurastrum* (1). Соотношение между указанными семействами характерно для флоры десмидиевых водорослей любой территории земного шара (Паламарь-Мордвинцева, 1982); в родовой структуре флоры на данный момент исследований обращает внимание чрезвычайно низкое представительство рр. *Staurastrum* и *Closterium*. Среди исследованных водоемов десмидиевые водоросли представлены наиболее разнообразно и обильно в болоте. Каждый из водоемов отличается своим специфическим набором видов, общие виды практически отсутствуют в пробах из озер. Большинство встреченных видов относится к бентосным формам, в планктоне могут встречаться лишь *Cosmarium contractum*, *C.formosulum*. Как показывает анализ географического распространения встреченных видов, подавляющее большинство их являются широко распространенными видами. Представляет интерес находка *Euastrum pinque*, ранее преимущественно отмечавшемся в Арктической области и являющимся достаточно редким видом для территории России. В целом, пресноводные водоемы о. Средний характеризуются благоприятными

условиями (кислая реакция среды, геологическая природа местности – распространение гранитов и т.д.) для вегетации десмидиевых, а это предполагает более обширное представительство данной группы водорослей в альгофлоре водоемов.

**Паутов А.А.** Поверхность эпидермы листьев *Populus tremula* L. на материковой части и островах Керетского архипелага (Белое море)

Листьям многих цветковых растений свойственен закономерно организованный микрорельеф поверхности, который выполняет ряд функций (Barthlott, 1990). Организация микрорельефа видоспецифична (Baas, 1975; Anderson, 1983; и др.). В рамках изучения стабильности микрорельефа в пределах отдельных видов проведено его исследование на сканирующем электронном микроскопе JSM-35 у обычной (окрестности пос. Лоухи, мыс Картеш) и стелющейся форм *P. tremula* (Плоская Двинская луда). Выбор *P. tremula* в качестве объекта исследования обусловлен тем, что вид обладает обширным ареалом и произрастает в разнообразных условиях.

У листьев *P. tremula* в качестве типичного описан складчатый (стриатный) микрорельеф поверхности, при котором складки, образованные клеточной стенкой и кутикулой, отходят в стороны от устьиц. Они располагаются также на основных клетках эпидермы вне связи с устьицами (Анели и др., 1975). Сами устьица лежат ниже поверхности покровной ткани. Строение микрорельефа претерпевает у изученных беломорских образцов определенные изменения. У листьев обычной формы осины наблюдается уменьшение числа и размера складок возле вторичных устьиц и интенсивное отложение на побочных клетках воска. Последнее приводит к усилению погруженности устьиц. Подобная организация поверхности пластинки листа встречается у *P. tremula* и в других точках ареала, в частности на Кавказе. Еще более существенные отличия от типичного строения отмечены у стелющейся формы (ветровой формы), растущей в тундроподобных сообществах ряда небольших безлесных островов Белого моря. Её устьица приподняты над побочными клетками. Изменение расположения устьиц сочетается с тенденцией к образованию перистоматических колец, когда складки кольцеобразно располагаются вокруг устьиц.

У древесных растений, подвергающихся действию ветра, устьица закрываются, как полагает ряд авторов, из-за подсыхания поверхности листьев, а не из-за общего обезвоживания их покровной ткани и мезофилла (Крамер, Козловский, 1983). Польза от сохранения воды за счет быстрого закрывания устьиц может быть сведена на нет уменьшением фотосинтеза. Использование компьютерного моделирования показало, что перистоматические кольца препятствуют проникновению к расположенным внутри них устьицам механических деформаций и напряжений, возникающих в стенках окружающих кольца клеток при изменении их оводненности (Паутов, Колодяжный, Сапач, 2004). Таким образом, тенденция к образованию у стелющейся формы осины

перистоматических колец может отражать снижение отмеченной выше зависимости между поведением устьиц и состоянием поверхности листа вокруг них. Наблюдаемое у обычной формы осины отложение воска на побочных клетках, понижающее потерю ими воды при кутикулярной транспирации, а также усиление погруженности самих устьиц смягчает воздействие на устьичный аппарат ветровой нагрузки. Полученные данные вносят определенные коррективы в существующее со времен К.А.Ахмад (1962) жесткое положение об удивительном постоянстве микрорельефа в пределах вида.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 04-04-48999.

### *Биохимия*

**Кулева Н.В., Миронова А.П.\*** Возможный механизм адаптивного ответа беломорской мидии на этанол

\*Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург

Токсический эффект этанола на клетки и ткани связывают в первую очередь с продуктом его окисления ацетальдегидом, который может нарушать электромеханическое сопряжение в сердечной мышце и освобождение кальция саркоплазматическим ретикулумом (Li et al., 2004). Ацетальдегид в концентрации 100 мкМ вызывал генерацию свободных радикалов и развитие апоптоза, которые сопровождалась активацией стрессорных сигнальных молекул: регулируемой внеклеточным сигналом ERK 1|2 киназы и р 38 митоген-активируемой протеинкиназы. Интересно, что эти эффекты блокировал антиоксидант  $\alpha$ -токоферол, уменьшающий перекисное окисление липидов мембран. Адаптивный ответ на этанол проявляется в том, что предварительное воздействие в малых дозах, увеличивает устойчивость клеток к его повреждающим концентрациям. Поэтому можно предположить, что описанные для мышц и клеток мерцательного эпителия защитные эффекты субтоксических концентраций этанола (Миронова, 2003; Миронова, Кулева, 2004) опосредованы через антиоксидантный эффект, генерируемый при действии 0.6 М этанола

На эпителиальных клетках трахеи быка было показано, что этанол концентрации 0.01–1.00 моль/литр стимулирует частоту биения ресничек, и этот эффект зависит от продукции окиси азота (Sisson, 1995). Поэтому возможность участия NO – зависимых механизмов в адаптивном ответе на этанол весьма вероятна. Попытка проверки этого предположения на мерцательном эпителии беломорских мидий была предпринята в настоящей работе.

В работе использовали препараты мерцательного эпителия жабр мидий *Mythilus edulis*, собранных на литорали мыса Картеш Чупинской губы Белого моря. Длина раковин мидий составляла 3.0 – 4.0 см. Препараты представляли собой полоски клеток, окаймленных ресничками. Непосредственно после

извлечения жабр из раковины их помещали в морскую воду на 30 мин. Затем их переносили в чашки Петри, содержащие либо этанол в субтоксической концентрации 0.6 моль/литр, либо ингибитор NO – синтазы амингуанидин в концентрации 0.4 ммоль/литр, либо вместе с этанолом и амингуанидином, продуцент NO – нитропруссид натрия в концентрации 0.01 мМ. Предварительно было показано, что амингуанидин концентрации 0.4 ммоль/литр уменьшает время сохранения функциональной активности клеток в морской воде, содержащей 3.0 моль/литр этанола, а нитропруссид концентрации 0.01 ммоль/литр увеличивает этот показатель.

Через 15 мин полоски клеток переносили в другие чашки Петри, содержащие этанол в токсической концентрации 3.0 моль/литр, и с помощью светового микроскопа следили за двигательной активностью краевых ресничек.

Данные о времени сохранения этой активности в средах различного состава показывают, что во всех опытах преинкубация клеток с 0.6 М этанолом и ингибитором NO – синтазы приводит к уменьшению времени сохранения функциональной активности клеток в 3.0 М этаноле, а добавление в эту пробу продуцента NO – нитропрussa – приводит к увеличению этого показателя. Таким образом, можно полагать, что адаптивный ответ опосредован функционированием фермента. NO-синтазы.

Как было показано в работе Schuh et al. (2001), может существовать либо физическая, либо функциональная взаимосвязь между локализованными в плазматической мембране NO-синтазой и  $Ca^{2+}$  - транспортной АТФ-азой. А этанол в концентрации, вызывающей адаптивный ответ, активирует различные изоформы этой АТФ-азы (Cervino et al, 1998).

### *Гидробиология, Ихтиология*

***Андерсон Е.А., Мовчан Е.А.*** К исследованию зоопланктона и макрозообентоса предустьевого участка реки Кереть

После акклиматизации горбуши на европейском севере России появилось много противоречивых данных о ее воздействии на гидрохимический и биологический режим рек бассейна Белого и Баренцева морей. Река Кереть берет свое начало в озере Кереть, имеет протяженность около 80 км и впадает в Керетскую губу Белого моря. В 2001 и 2003 гг. на рыбо-учетном заграждении (РУЗ) р.Кереть отмечали массовый заход горбуши на нерест и гибель после нереста. В связи с этим интересно оценить экологическое состояние этой известной лососевой реки по гидробиологическим показателям, для чего было проведено рекогносцировочное исследование предустьевого участка реки Кереть.

Материал собирали на базе МБС СПбГУ в августе 2004 г. в нижнем течении р. Кереть. В предустьевом участке русло реки расширяется, образуя проточное озеро Заборное. Нами было выбрано 3 озерных станции и четвертая, расположенная в месте впадения реки в море, где собирали пробы

зоопланктона, макрозообентоса и воды для дальнейшего определения содержания растворенного кислорода и перманганатной окисляемости. Пробы макрозообентоса отбирали малым зубчатым дночерпателем, с площадью захвата 1/20 м<sup>2</sup> и дночерпателем Петерсена, с площадью захвата 1/40 м<sup>2</sup>, промывали через сито 0,25 мм<sup>2</sup>. Пробы зоопланктона собирали, делая вертикальные протяжки от дна до поверхности или путем фильтрации 50 литров воды через планктонную сеть (газ № 75).

В зоопланктоне отмечено 17 видов организмов, в том числе Rotifera – 2, Cladocera – 11, Copepoda - 4. Основную роль в сообществе играют ветвистоусые ракообразные, составляя обычно более 70% общей численности и биомассы, преобладают представители сем. Chydoridae, преимущественно планктобентосные формы. Коловратки представлены единичными экземплярами. В целом показатели обилия невелики, численность не превышает 1000 экз./м<sup>3</sup>, биомасса - 5 мг/м<sup>3</sup>. Максимальные показатели обилия отмечены в зарослевой литорали оз. Заборного, где преобладали литоральные формы, типичные для рек Карельского побережья Белого моря (табл. 1).

Таблица 1. Численность, биомасса и доминантные группы зоопланктона (над чертой, экз/м<sup>3</sup> и мг/м<sup>3</sup>) и зообентоса (под чертой, экз/м<sup>2</sup> и г/м<sup>2</sup>) в августе 2004 года.

Станция	N	B	доминант
зарослевая литораль озера	<u>820</u>	<u>9,66</u>	<i>Acroperus harpae</i>
	410	1,8	<i>Sialis sordida</i>
центр озера	<u>82</u>	<u>0,87</u>	<i>Alonopsis sp.</i>
	1312	226,9	<i>Chironomus anthrocinus</i>
район РУЗ	<u>147</u>	<u>2,15</u>	<i>Alonopsis sp.</i>
	4701	3,2	Oligochaeta
устье	<u>40</u>	<u>0,45</u>	<i>Alonopsis sp.</i>
	1123	17,5	<i>Microtendipes pedellus</i> <i>Stictochironomus sp.</i>

Видовое разнообразие и показатели обилия донных ценозов также невелики (табл. 1). На исследованном участке реки отмечено 17 таксонов организмов зообентоса, среди которых наиболее богато представлены личинки комаров сем. Chironomidae (12 видов), отмеченные на всех станциях. Большинство форм относится к подсем. Chironominae. Представители кл. Oligochaeta встречались в 78% случаях, их доля в общей численности и биомассе сообщества незначительна. По количественным характеристикам доминируют личинки сем. Chironomidae, составляя обычно более 50% общей плотности и биомассы. Максимальные показатели обилия отмечены в центральной части озера Заборного на глубине 10 м, где массового развития достигали личинки *Chironomus anthrocinus*.

На основе видового состава зоопланктона проведена оценка качества воды с использованием индексов сапробности. Преобладали олигосапробные формы, на долю которых пришлось более 60% числа видов-индикаторов. Индекс сапробности изменялся от 1.2 до 1.3, что соответствует водам чистым и слабозагрязненным органическим веществом. Надо отметить, что количество

органического вещества, оцененное с помощью перманганатной окисляемости было невелико и составило всего 7.1 мг O<sub>2</sub>/л, хотя содержание кислорода в воде исследованного участка реки изменялось от 5.8 мг O<sub>2</sub>/л (место впадения реки в море) до 7.1 мг O<sub>2</sub>/л (озерные станции), что составило 56-70 % от насыщения.

Авторы благодарят Лоухскую инспекцию рыбоохраны и лично П.И.Резанцева за содействие в проведении работ.

**Андреев В.М., Мовчан Е.А.** Структура сообществ макрофитов малых лесных озер Карельского берега Белого моря

Большую часть озер северо-запада России составляют малые озера площадью водного зеркала менее 10 квадратных километров. Они являются типичным элементом ландшафта побережья Белого моря и, в связи с этим, представляют значительный научный и практический интерес. Комплексные исследования малых лесных озер Карельского берега Белого моря ведутся с 1985-го года на кафедре ихтиологии и гидробиологии СПбГУ.

Одной из характерных черт озер северной Карелии является бедность видового состава высшей водной растительности. Растительные ассоциации литоральной зоны являются важным компонентом экосистемы озера, оказывают заметное влияние на гидрохимический режим водоема, активно участвуют в процессах круговорота биогенных элементов в водоеме и в расселении и жизни зообентоса. Комплексные исследования малых лесных озер Карельского берега Белого моря ведутся с 1985-го года на кафедре ихтиологии и гидробиологии СПбГУ. Особенности распределения, условия обитания, продуктивность и состав ассоциаций макрофитов малых озер Карельского берега Белого моря изучены слабо, хотя исследование водоемов Карелии началось довольно давно, и качественный флористический состав изучен довольно полно (Флора озер Карелии, 1949). Большинство работ посвящено крупным озерам, а работы по малым озерам малочисленны и имеют, в основном, прикладное значение.

Материал собран в августе 2004 года на озерах Тростяное, Малое Черливое и Большое Черливое в районе МБС СПбГУ. Производили картирование с единовременным взятием укосов, которые разбирали, измеряли и взвешивали в лаборатории. Для определения абсолютно-сухой массы пробы помещали в сушильный шкаф, где высушивали при температуре 105°C в течение суток, затем взвешивали. Годовая продукция Р вычислена по формулам (Распопов, 1985):

$P=1,2V_{\text{макс}}$  - для сообществ надводных и погруженных растений, где  $V_{\text{макс}}$  – максимальная надземная фитомасса;

$P=1,2V+Wn$  - для сообществ растений с плавающими на поверхности воды листьями, где  $W$ -средняя масса листа,  $n$ -число мутовок, лишенных листьев.

Основными в обследованных озерах являются практически чистые ассоциации *Menyanthes trifoliata* (вахты трилистной), *Nuphar lutea* (кубышки желтой), различных видов осок (в основном, *Carex acuta*). В озерах Большое

Черливое и Тростяное встречались редкие островки *Phragmites australis* (тростник обыкновенный) и *Scirpus lacustris* (камыш озерный). Довольно обычными являются смешанные ассоциации кубышки желтой и ежеголовника (*Sparganium*), а так же тростника и осоки (кроме оз. Малое Черливое). Обилие и видовое разнообразие макрофитов заметно увеличиваются в местах впадения в озера ручьев и протоков, а так же с увеличением изрезанности береговой линии (и при появлении затишных мест). Для озер Тростяное и Малое Черливое характерно образование сплавин. Величины продукции Р (г/кв.м) основных макрофитов представлены в таблице.

макрофиты	Тростяное	М.Черливое	Б.Черливое
<i>Nuphar</i>	45,9	29	34,4
<i>Scirpus</i>	7,4	—	127,6
<i>Sparganium</i>	3,9	15,6	20,8
<i>Carex</i>	108,2	—	44,5
<i>Equisetum</i>	8,4	—	20,6
<i>Menyanthes</i>	280	78,4	—
<i>Phragmites</i>	56,3	—	62,7
<i>Polygonum</i>	—	—	24,8
<i>Potamogeton</i>	7,7	—	+

По характеру зарастания большая часть озера Карелии может быть разделена на две группы: озера, зарастающие путем образования сплавин с очень медленным и скудным зарастанием (к этой группе мы можем отнести оз. Малое Черливое), макрофиты с плавающими листьями здесь представлены весьма скудно. Некоторые из болотных растений (вахта трехлистная) надвигается в озеро на нависающей сплавине. Ко второй группе озер, с ясно выраженной зональностью зарослей, можно отнести озера Тростяное и Большое Черливое. При этом необходимо отметить слабую представленность погруженных макрофитов, из подводных растений распространен только ежеголовник.

**Герасимова А.В., Касаткина Л.С., Максимович Н.В., Мартынов Ф.М.**  
Пространственная организация сообществ *Mya arenaria* L. в условиях песчано-илистой литорали Белого моря

С 1980 г. сотрудники и студенты кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ проводят регулярные наблюдения за структурой поселений *Mya arenaria* L. в акваториях Керетского архипелага Кандалакшского залива (Максимович, 1989; Герасимова, Максимович, 2002; Maximovich, Guerassimova, 2003). В результате было определено, что многие эффекты гетерогенности возрастного состава поселений моллюсков этого вида не могут быть интерпретированы в терминах неоднородности показателей ключевых

переменных среды или особенностей внутривидовых отношений в типичных поселениях моллюсков. Поэтому с 2002 г. начаты исследования эффектов микрораспределения организмов макробентоса в сообществах *M. arenaria*.

Материал для данной работы собран в июле 2002 года на двух участках песчано-илистой литорали: у о. Большой Горелый (1) и в губе Яковлевой (2). На участках применен систематический отбор проб с использованием решетки смежных квадратов (4×4) (в дальнейшем - станций). На участке 1 на каждой станции (0,25 м<sup>2</sup>) брали одну пробу зубчатым водолазным дночерпателем (0,05 м<sup>2</sup>), а на участке 2 представленность организмов макрозообентоса на каждой станции (1 м<sup>2</sup>) определяли с помощью пирамиды проб (1/4 м<sup>2</sup> для сбора крупных (>20 мм) мий и 0,05 м<sup>2</sup> - для сбора мелких мий и остальных таксонов макробентоса). На каждой станции взяты пробы грунта для определения содержания органических веществ и гранулометрического состава. Анализ данных проведен с использованием кластерного анализа (мера сходства описаний - эвклидово расстояние).

В составе изученных сообществ макрозообентоса обнаружено 9 таксонов, 7 из которых (*Macoma balthica*, *Mya arenaria*, *Hydrobia ulvae*, *Oligochaeta varia*, *Nereis virens*, *Littorina saxatilis*, *Mytilus edulis*) являлись общими для обоих участков, а 6 (*Macoma balthica*, *Mya arenaria*, *Hydrobia ulvae*, *Oligochaeta varia*, *Nereis virens*, *Littorina saxatilis*, – участок 1; *Macoma balthica*, *Mya arenaria*, *Hydrobia ulvae*, *Oligochaeta varia*, *Nereis virens*, *Mytilus edulis* – участок 2) - встречены не менее чем в 40% проб. По численности на участках преобладали брюхоногие моллюски *H. ulvae* (около 92% суммарной численности сообществ). По биомассе на участке 2 доминировали двустворчатые моллюски *M. arenaria* (73% биомассы и 2% плотности поселений организмов макрозообентоса), на участке 1 - *H. ulvae* и *M. arenaria* (42% и 41,5% суммарной биомассы макрозообентоса соответственно).

По сходству величин обилия таксонов на обоих участках станции можно объединить в три-четыре группы, различающиеся по представленности *H. ulvae* и *M. arenaria*. При этом процентное соотношение количественных показателей отдельных форм макрозообентоса в выделенных кластерах существенно не отличалось. Так, например, на участке 1 моллюски *H. ulvae* преобладали по численности во всех полученных объединениях, их доля составила от 89 до 95 % общей численности макрозообентоса в кластерах. Гетерогенность характеристик грунта на участках различна: было выделено от двух (участок 2) до пяти (участок 1) групп станций, различающихся по содержанию крупнозернистой (гравий, крупный песок) и мелкозернистой (средний и мелкий песок, алевроиты, пелиты) фракций грунта.

При изучении сопряженности распределения отдельных представителей макрозообентоса в пределах участков, проведенном только часто встречающихся видов (частота встречаемости в местообитании не менее 40%), не удалось выделить достаточно четкие группы ассоциированных таксонов. Даже можно говорить о некоторой независимости распределения видов друг от друга в условиях илисто-песчаной литорали.

Таким образом, отмеченные слабые эффекты гетерогенности микрораспределения макрозообентоса на участках в значительной степени соответствуют особенностям распределения в биотопах доминирующих форм *H.ulvae* и *M.arenaria*, которое в свою очередь, может зависеть от микробиотопической неоднородности литорали. Нам удалось показать, что наибольшие показатели обилия *H.ulvae* наблюдались на станциях с повышенным содержанием мелкодисперсных фракций в грунте (на участке 1). В остальном, группы станций, выделенные по показателям таксонов, слабо совпадают с группами станций, выделенными по характеристикам грунта.

**Герасимова А.В., Саминская А.А., Максимович Н.В.** Линейный рост *Serripes groenlandicus* Brigière в северных морях России

Основная идея данной работы - сравнительный анализ линейного роста двустворчатых моллюсков *Serripes groenlandicus* Brigière в различных районах Белого, Баренцева и Карского морей. Материалом для данной работы послужили коллекции Зоологического института РАН, а также собственные натурные наблюдения летом 2001-2004 гг. на трех участках Кандалакшского залива: это песчаные и илисто-песчаные пляжи на глубинах 2 - 6 м. Анализируемые коллекции Зоологического института включали сборы моллюсков на двух станциях в Онежском заливе (Белое море, глубины около 6 м), семи станциях в Баренцевом море (глубины от 9 до 95 м) и на двух станциях в Карском море (глубины 30 и 92 м).

Характер линейного роста *S.groenlandicus* изучен по результатам реконструкции онтогенетического роста по морфологии раковин 388 особей. Для каждого местообитания составлен групповой возрастной ряд: последовательный ряд чисел, характеризующий изменения средней длины раковины моллюсков с возрастом. Онтогенетическая неполнота полученных описаний не позволила использовать в качестве модели роста уравнение Берталанфи. Поэтому при сравнении (Максимович, 1989) возрастные ряды были аппроксимированы уравнением прямой линии.

Продолжительность жизни *S.groenlandicus* в изученных местообитаниях составила от 5 до 22 лет при максимальных размерах особей от 26 до 72,5 мм. Самые крупные размеры и наибольшая продолжительность жизни свойственны моллюскам из Баренцева моря – 72, 5 мм и 22 года соответственно. Близкие показатели получены по материалам из Карского моря – 66 мм и 19 лет соответственно. В Белом море продолжительность жизни моллюсков существенно меньше – наибольший возраст пойманных живых экземпляров не превышал 10 лет, однако были найдены створки раковины *S.groenlandicus* размером около 65 мм (возраст особи около 18 лет).

В каждом из учтенных местообитаний моллюски отличались значительной вариабельностью групповых ростовых характеристик: размеры пятилетних особей колеблются от 16 до 40 мм. В результате сравнения возрастных рядов *S.groenlandicus* были выделены четыре группы описаний, различающихся по

скорости роста особей. При этом максимальным разнообразием отличалась скорость роста серрипесов из Белого моря. Здесь отмечены как наиболее быстрорастущие особи (размеры 45 - 52 мм в семилетнем возрасте (Кандалакшский залив, станции на глубине 2 - 4 м), так и медленно растущие моллюски, имеющие в среднем длину 25 мм в том же возрасте (Онежский залив, глубины около 6 м).

Оказалось, что скорость роста моллюсков в Кандалакшском заливе существенно выше аналогичных показателей популяций *S.groenlandicus* в других частях ареала как по нашим, так и по литературным данным (Кузнецов, 1960; Petersen, 1978). Вслед за В.В.Кузнецовым (1960) в этом логично видеть эффекты относительно высокого летнего прогрева вод, характерного для мелководий Кандалакшского залива. Однако и на мелководьях Кандалакшского залива *S.groenlandicus* демонстрируют очень широкую вариабельность в скорости группового роста: отмечено поселение, в котором средний размер семилетних моллюсков составляет всего 34,5 мм.

Такая вариация очевидный эффект различий в условиях гидродинамики в местообитаниях, т.е. различий в условиях питания моллюсков. Косвенным, но надежным показателем интенсивности гидродинамики служит характер донных осадков, в частности содержание органических веществ и гранулометрический состав. Мы провели специальные исследования данных показателей на всех местах пробоотбора в Кандалакшском заливе (Герасимова и др., 2003). Как и следовало ожидать, в грунте местообитания с относительно низкой скоростью роста моллюсков отмечена наибольшая доля мелкозернистых фракций, что свидетельствуют о меньшей активности гидродинамических процессов. Интересно, что и в Карском море средняя скорость роста *S.groenlandicus* на станции 13 (гл.92 м, песчаный с ракушей грунт) оказалась достоверно выше аналогичного показателя моллюсков на станции 14 (глубина 30 м, песчаный ил).

Таким образом, следует признать, что экологически обусловленная гетерогенность поселений *S.groenlandicus* по средней скорости роста особей в пределах достаточно локальной акватории может существенно перекрывать известные эффекты географической вариации скорости роста особей данного вида.

Авторы приносят искреннюю благодарность сотрудникам лаборатории Морских исследований Зоологического института РАН за предоставленную возможность познакомиться с коллекционными сборами.

**Гуричев П.А., Белоусов И.Ю.** Биологическая дифференциация сига *Coregonus lavaretus* L. бассейна губы Кереть и ближайших озер

Ряд вопросов, связанных с проблемой внутривидовой биологической, генетической и таксономической дифференциацией сига, до сих пор остаются не изученными. Актуальность работы заключается в том, что их решение

позволит пролить свет на систематику и эволюцию данного вида, что необходимо для решения как научных, так и практических проблем.

Летом и осенью 2004 года был проведен общебиологический анализ сига из озер Кереть, Лоухское и Верхнее Пулонгское, а также из губы Кереть Белого моря. Для исследования были использованы такие показатели как число жаберных тычинок на первой дужке, размерно-возрастная структура выборок, стадия зрелости гонад, питание и рост. Выявлено, что в изучаемом регионе существует 5 популяций сига. Это малотычинковые сиги из губы Кереть (863 шт. в выборке), из озер Кереть (18 шт.), Лоухское (27 шт.) и Верхнее Пулонгское (24 шт.), а также многотычинковые сиги из озера Лоухское (12 шт.).

Проходные сиги губы Кереть Белого моря имеют 21-29 (в среднем 25,8) жаберные тычинки. Это типичные бентофаги, характеризующиеся относительно хорошим ростом. Нагульное стадо представляют особи в возрасте 1+ - 10+, основу – особи 3-6 лет. Созревание самок происходит в 4 – 6 лет, самцов, по-видимому, на год раньше – 3 – 5 лет.

Три популяции малотычинковых сигов из озер характеризуются сходными показателями. Так сиги озер Кереть, Лоухское, Верхнее Пулонгское имеют 19-23 (20,5), 18-31 (24) и 18-28 (22,2) жаберных тычинок соответственно. Возрастная структура особей из выборок озер Кереть и Лоухское составляет от 3 до 8 лет, а сигов из озера Верхнее Пулонгское от 4 до 13 лет. Относительно проходных сигов это мелкие сиги бентофаги, созревание которых происходит также в 4-6 лет. Их плодовитость невелика – от 2500 до 6000 икринок (по данным осенних выборок из озер Кереть и Лоухское).

Совершенно особую группу представляют многотычинковые сиги озера Лоухское. На первой жаберной дужке у них 38-43 тычинки. Сами тычинки очень длинные – максимальная тычинка укладывается в дужке 2-3 раза (тогда как у малотычинковых форм – 5-9 раз). В питании представлены исключительно планктонные организмы. Данные сиги характеризуются очень высоким темпом роста. Особи от 3 до 5 лет достигают 30-47 см и массы до 1,5 кг, тогда как малотычинковые озерные сиги в этом же возрасте имеют длину тела 22-30 см и массу около 200 гр. Стадия зрелости у сигов более 30 см – III. В конце августа были пойманы 2 неполовозрелые особи 24 и 26 см в возрасте 3+, пол которых определить визуально не удалось, и 2 особи 3 и 4 лет длиной тела 30,5 и 35 см с гонадами близкой к IV стадии зрелости. Данный факт говорит о зависимости наступления половозрелости от размеров рыбы, но с другой стороны это справедливо только для конкретной популяции, так как, например, малотычинковые сиги созревают при меньшей массе и длине тела. Это необходимо учитывать при установлении минимальной промысловой длины для сигов.

Последующие этапы работы будут связаны с установлением родственных отношений между изучаемыми популяциями на основе молекулярно-генетических методов, что позволит установить основные направления эволюции данных форм и их таксономический статус.

**Гуричев П.А., Полякова Н.А., Синюхина А.Н.** Характеристика питания и роста сига *Coregonus lavaretus* L. бассейна губы Кереть и ближайших озер

Анализ уловов сига из 5 популяций (губа Кереть Белого моря, озеро Кереть, Лоухское озеро (мало и многотычинковые формы), Верхнее Пулонгское озеро) выявил неоднородность по морфологическим признакам (число жаберных тычинок), размерно-возрастной структуре, возрасту наступления половозрелости и питанию внутри данного вида. По-видимому, различия в биологических показателях связаны с особенностями питания. С одной стороны это зависит от строения жаберного аппарата (малотычинковые сиви – бентофаги и многотычинковые сиви – планктонофаги), а с другой – от продукционных характеристик акваторий.

Нами было проведено исследование содержимого желудков сивов и анализ группового роста, восстановленного по структуре чешуи.

Так в рационе сига озера Кереть представлены различные моллюски (*Bivalvia* (*Sphaeridae*), *Gastropoda* (*Planorbidae*, *Physa*)), личинки насекомых (*Chironomidae*, *Hydrophilidae*, *Odonata*) и взрослые насекомые (*Coleoptera*), ракообразные (*Gammaridae*), а также детрит. Основу составляли *Chironomidae*, *Sphaeridae* и *Gammaridae*. В питании сивов Пулонгского озера было много детрита, преобладали личинки *Megaloptera* (род *Sialis*) и моллюски (*Sphaeridae*). В незначительном количестве присутствовали личинки *Chironomidae*. В желудках малотычинковых сивов Лоухского озера в начале июня были обнаружены различные насекомые (*Diptera*, *Coleoptera*), а также бокоплав (*Gammaridae*). Однако в конце августа они имели пустые желудки, что, скорее всего, связано с интенсивным созреванием особей (стадия зрелости гонад всех сивов была близка к IV). В июле и августе желудки многотычинковых сивов Лоухского озера были наполнены исключительно планктоном (*Daphnia*). По данным многолетних наблюдений в рационе проходного сига Белого моря в июне преобладают *Mysidae*, *Gammaridae*, взрослые насекомые и различные моллюски (*Hydrobia*, *Mitylus edulus* и др.), в конце июня и в июле часто встречается нереис, к концу нагульного сезона у многих особей желудки пусты.

Для сравнительного анализа группового роста каждой из популяций, восстановленного по структуре чешуи, использовали уравнение Бергаланфи и кластерный анализ, для оценки математического расстояния между модельными кривыми. Выявлено, что по росту озерные малотычинковые сиви достоверно не различаются (уровень кластеризации выборок 1-3 ниже значения  $F/F_{кр}=1$ ). Однако по данному показателю они достоверно отличаются от сивов губы Кереть Белого моря, вместе с которыми они достоверно отличаются по росту от многотычинковых сивов планктонофагов Лоухского озера (значение  $F/F_{кр}$  больше 1). Таким образом, самый высокий темп роста у многотычинковых сивов, самый низкий у малотычинковых озерных сивов. Малотычинковые сиви, нагуливающиеся в прибрежных участках моря, имеют промежуточный темп роста, что связано с обильной кормовой базой моря.

Таким образом, внутри данного вида, населяющего изучаемый регион можно четко выделить две морфологические формы – мало и многотычинковые

сиги, которые различаются по ряду биологических показателей. Внутри малотычинковых сигов можно выделить 2 экологические формы – тугорослые озерные сиги и проходные, нагуливающиеся в прибрежье моря и характеризующиеся относительно хорошим темпом роста.

**Иванов А.А., Иванова Т.С.** Рост и размерно-возрастная структура популяций щуки (*Esox lucius L.*) в малых озерах Карельского Берега Белого моря

Малые озера являются типичным компонентом ландшафта Карельского берега Белого моря. Своеобразием данных озер по сравнению с другими континентальными водоемами является их небольшие размеры (не более 200 Га) и изоляция друг от друга. Исследуемые озера расположены на краю ареалов некоторых европейских видов рыб, в частности щуки, которая является довольно распространенным видом в изучаемых озерах. Были исследованы особенности структуры популяций и роста щуки.

Материалом для исследования послужили 27 экземпляров щуки, пойманных в трех озерах в июне и августе 2003г. Для отлова рыб использовали ставные сети с ячейей 30 – 40 мм и крючковые орудия лова. У пойманных щук измеряли промысловую длину (мм), вес (г), пол, стадию зрелости гонад. Возраст рыб определяли по чешуе. Для построения уравнений роста использовали метод обратной реконструкции длины по измерениям годовых колец чешуи.

Длина щук в уловах варьировала от 240 до 600 мм и масса от 104 – 2150 г. В уловах отсутствовали рыбы младше трех лет. Максимальный возраст 14+ был отмечен для щуки, пойманной в оз. Малое Пирожниково. В других исследованных озерах возраст рыб не превышал 8 – 9 лет. Щуки в изученных озерах имеют поздние сроки нереста (конец мая - начало июня).

Скорость роста щук в этих озерах достоверно различается. Наибольшая скорость роста отмечена для щук из плотвично-окуневого озера. В окунево-щучьем озере скорость роста самая низкая. Щуки третьего изученного озера имеют среднюю скорость роста. Данный водоем отличается от двух других большей площадью, и основными кормовыми объектами для щук служат европейская ряпушка и окунь. Различия в скорости роста, по всей видимости, связаны с характером питания и размерами озера. Летнее питание щуки характеризуется практически полным избеганием окуня, и потреблением, в основном, ряпушки и плотвы, в зависимости от наличия этих видов в водоеме. Переход на питание окунем происходит при отсутствии других видов рыб и сказывается на снижении скорости роста. Также в пище щуки присутствует существенная доля бентосных организмов, что отмечено и для других северных озер.

При анализе индивидуального роста у многих рыб была отмечена неравномерность характера роста в течение жизни. Колебания скорости роста, возможно, связаны с нерестом, так как после хорошо заметных нерестовых

“меток” на чешуе, как правило, происходит замедление роста на 1, иногда на 2 года. Возможно, что нерест у местных щук происходит не каждый год (что требует дополнительного изучения).

При сравнении с данными других авторов о росте щук из других частей ареала, щуки малых озер Карельского Берега Белого моря отличается медленным темпом роста (42-55 см в 7 лет), поздним возрастом созревания (5-8 лет) и большой продолжительностью жизни (более 14 лет), что в целом характерно для северных водоемов. При этом характер роста в каждом изученном водоеме индивидуален, что связано гидрологическими особенностями водоемов, а также с различиями в кормовых ресурсах.

**Исаков А.В., Иванов М.В.** Структурные характеристики сообществ макрозообентоса мягких грунтов сублиторали Керетского архипелага в градиентах физико-химических показателей донных осадков

В настоящее время не вызывает сомнений, что организмы бентоса находятся в непосредственной связи с донными отложениями. Как правило, механизмы их взаимодействия с трудом поддаются изучению. Необходимым этапом таких исследований является доказательство наличия корреляционных зависимостей между изучаемыми параметрами, определение направленности и тесноты связи. В тех случаях, когда исследователь не задается вопросами взаимодействия, результаты корреляционного анализа являются самодостаточными для описания распределения биоты в градиентах параметров среды.

Ниже мы приводим результаты исследования, которое было направлено на выявление корреляций между некоторыми физико-химическими характеристиками донных отложений и структурой бентосных сообществ. Работа была проведена на МБС СПбГУ (Белое море, о. Средний) в 2001-2004гг.

Мы работали на 12 станциях в районе о. Средний. На каждой станции отбирали пробы макрозообентоса, определяли гранулометрический состав донных отложений, окислительно-восстановительный потенциал (Eh) грунта и общее содержание органических веществ. Пробы организмов отбирали дночерпателем Петерсена (0,025м<sup>2</sup>), по три пробы на станции. Организмы идентифицировали преимущественно до вида, фиксировали их численность и биомассу. По литературным данным определяли принадлежность видов к той или иной экологической группировке (сестонофаги, детритофаги, хищники, формы подвижные или прикрепленные). Гранулометрический состав определяли при помощи набора почвенных сит (размерные фракции от 0.1мм до 10мм); доли алевритовых и пелитовых фракций - методом пипетки. Общее содержание органических веществ определяли методом сухого сжигания при t<sup>0</sup> = 510<sup>0</sup>С. Eh грунта определяли при помощи милливольтметра. Eh рассматривали как величину, позволяющую косвенно судить о содержании кислорода. Считали, что значения Eh > +100 мВ соответствуют благоприятным условиям в отношении кислорода. Значения от 0 до +100 мВ – соответствуют

переходным условиям, и  $Eh < 0$  означает смену условий на восстановительные и отсутствие свободного кислорода. Станции располагались на сходной глубине (13-17 м) и таким образом, чтобы представлять наиболее различающиеся по гранулометрическому составу осадки (от песчано-гравийного до алевритово-пелитового). По литературным данным, режим температуры и солености в местах отбора проб на указанной глубине практически не различается.

Результаты обрабатывали методом корреляционного анализа. Из факторов, принятых нами во внимание, выявлено влияние только гранулометрического состава. Влияния содержания органических веществ на структуру сообществ не выявлено. Содержание кислорода во всех случаях оказывается сравнительно высоким, значимого его влияния также не наблюдается. Статистически значимыми оказываются коэффициенты корреляции между массовыми долями экологических группировок организмов и содержанием некоторых фракций грунта.

Так, соотношение прикрепленных и свободноживущих организмов в сообществе положительно зависит от содержания фракции  $>10$  мм; доля сестонофагов – от соотношения фракций «галька» ( $>5$ мм) / «алеврит» (0,01 - 0,05мм). Информационный индекс Шеннона, рассчитанный по биомассам видов, варьирует в пределах от 1,2 до 2,8. Корреляций значения этого индекса с абиотическими показателями не выявлено.

Тот факт, что прикрепленные формы и сестонофаги более приурочены к крупнозернистым осадкам, а детритофаги и подвижные формы – к илистым, неоднократно фигурирует в литературе. В то же время, детальная гранулометрическая характеристика донных отложений встречена нами лишь в немногих подобных исследованиях. Конкретные фракции грунта, определяющие соотношение экологических группировок для таких глубин в Кандалакшском заливе определены впервые.

***Кошелева А.Н., Полякова Н.В.*** Использование беломорских наскальных ванн как модельного объекта для оценки влияния нефтяного загрязнения на зоопланктон

В последнее время проблема нефтеуглеродного загрязнения все больше затрагивает самые разные аспекты жизнедеятельности гидробионтов. В связи с этим исследование влияния загрязнения нефтью и нефтепродуктами необходимо для прогнозирования поведения биосистем загрязненных водоемов.

Для исследования влияния дизельного топлива на гидробионтов в начале августа 2004 года на одном из островов Керетского архипелага Белого моря (луда Песочная) было выбраны 2 пары (2 контрольных и 2 опытных) наскальных ванн, сходных по морфометрическим показателям. В каждую опытную ванну был внесен объем дизельного топлива, приблизительно равный 6 ПДК. Сразу же после начала эксперимента пошли дожди, объем воды в

водоемах увеличивался, а концентрация загрязнителя уменьшилась. Наблюдения проводили в течение месяца.

Первые эффекты воздействия проявились уже через час после начала эксперимента. От водоемов шел выраженный запах дизельного топлива, которое равномерно распределилось по всей поверхности опытных водоемов, к этой пленке в массе прилипли планктонные ракообразные. Через 3 часа толщина пленки визуально уменьшилась. Через сутки после начала эксперимента запах стал слабее, на поверхности наблюдалась нефтяная пленка радужной окраски и слипшиеся имаго *Diptera*. Через 3 суток поверхностная пленка стала визуально тоньше, радужная окраска сохранилась. Через 5 суток пленка была визуально не заметна, проявляясь при касании поверхности воды. Через 10 суток пленка исчезла целиком.

В водоемах было отмечено 8 видов зоопланктеров, из которых 2 - коловратки, 5 - ветвистоусые и 1 – веслоногие рачки. По численности преобладали ракообразные 3 видов: *Daphnia pulex*, *Alonella nana*, *Chydorus sphaericus*.

В контрольных ваннах численность изначально составляла около 200 экз/л и плавно снижалась к концу августа, что типично для сезонного хода обилия в водоемах подобного типа. В опытных ваннах наблюдалось резкое падение численности, которая уже через сутки снизилась в несколько раз. Так, общая численность зоопланктона в начале эксперимента составила 325 экз/л, через сутки – 80 экз/л, через 3 суток – 70 экз/л, через 5 суток – 10 экз/л, через 10 суток – 2 экз/л. В первые часы после начала эксперимента достоверного снижения численности не отмечено. Через месяц после экспериментального загрязнения численность зоопланктона не превышала 3 экз/л, отмечены представители лишь 3 форм ветвистоусых ракообразных и молодь копепод.

Наиболее чувствительными к воздействию дизельного топлива оказались ракообразные *Daphnia pulex*, начальная численность которых составляла порядка 200 экз/л, через сутки - 3 экз/л, на 5 сутки они исчезли в обеих экспериментальных ваннах, и только через месяц в пробах отмечены отдельные экземпляры дафний.

Обилие представителей семейства Chydoridae ракообразных *Alonella nana* и *Chydorus sphaericus* также резко снижается, однако полного исчезновения этих рачков не отмечено. Начальная численность составляла порядка 150 экз/л, через сутки - 80 экз/л, через 3 суток – 5-10 экз/л и держалась на этом уровне до конца наблюдений. Таким образом, можно говорить о большей устойчивости этих организмов к неблагоприятным условиям среды, что согласуется с литературными данными.

Прочие организмы имели низкие показатели обилия, поэтому рассматривать воздействие на них нефтепродуктов было нецелесообразным. К сожалению, окончание периода наблюдений пришлось на начало сентября, когда в водоемах подобного типа отмечается естественное снижение обилия зоопланктона, поэтому делать выводы о восстановлении сообществ после экспериментального воздействия пока преждевременно.

**Мартынов Ф.М., Герасимова А.В., Максимович Н.В.** О пополнении литоральных поселений *Mya arenaria* L. Белого моря.

Сотрудники и студенты кафедры ихтиологии и гидробиологии Санкт-Петербургского Государственного университета с 1980 года проводят многолетние наблюдения за структурой поселений *Mya arenaria* L. в акваториях Керетского архипелага Кандалакшского залива (Максимович, 1989; Герасимова, Максимович, 2001, 2002; Maximovich, Guerassimova, 2003). Исследования показали, что в типичных поселениях песчаных ракушек на протяжении многих лет доминируют представители одной генерации при практически полном отсутствии следов ежегодного пополнения. Поскольку температурный режим гидрологического лета в Белом море вполне отвечает репродуктивным адаптациям вида (Максимович, 1978; Kaufman 1977;), и их личинки составляют обычный компонент меропланктона Кандалакшского залива (Максимович, Шилин, 1990; 1993; 1997), интересно количественно оценить эффекты оседания личинок в поселениях.

На трех типичных участках илисто-песчаной литорали (1 - б. Лебяжья, 2 - у о. Горелый, 3 - в б. Яковлевой) в акваториях Керетского архипелага в июле-августе 2003-2004 гг. изучены особенности размерной и возрастной структуры поселений *M. arenaria*. Выборка - 10 - 16 выборочных площадок размером 0,05 - 1 м<sup>2</sup>. Дополнительно в конце августа определяли численность сеголеток (только что осевшие особи) с использованием выборочных площадок размером 0,01 м<sup>2</sup> в 3 - 5 повторностях. Возраст моллюсков оценивали по числу меток зимних остановок роста на раковине.

Наблюдения за поселением *M. arenaria* на участке 1 проводятся с 1980 г. с интервалом 1-3 года. Интересно, что основу этого поселения песчаных ракушек последние пятнадцать лет формируют особи генерации 1988 г. (Maximovich, Guerassimova, 2003). В местообитании с 2003 г. по 2004 г. отмечено снижение плотности поселения песчаных ракушек с 94 экз./м<sup>2</sup> до 39 экз./м<sup>2</sup>. В оба сезона наблюдений в поселении по-прежнему доминируют представители генерации 1988 года, однако в 2003 г. плотность их поселения составила всего 64 экз./м<sup>2</sup> (меньше 3 % от плотности поселения в 1989 г.). В 2004 присутствие особей данного поколения на участке сократилась почти в два раза - 31 экз./м<sup>2</sup>. Остальные примерно 30 % численности моллюсков в оба сезона наблюдений составляют особи генерации 1999 г., Численность осевшей молодежи осевшей к концу августа была практически одинакова в оба сезона наблюдений - 320 экз./м<sup>2</sup> в 2003 г. и 300 экз./м<sup>2</sup> в 2004 г.

Постоянные наблюдения за поселениями *M. arenaria* на илисто-песчаных пляжах у о. Б. Горелый (2) и в губе Яковлева (3) начаты с 2000 г. (Герасимова, Максимович, 2002). На участке 2 развитие поселения в 2000 - 2004 гг. происходило как динамика генерации 1999 года. В 2003 году численность представителей этого поколения составила 132 экз./м<sup>2</sup> (11 % от их количества в 2000 г.), а в 2004 г. - 83 экз./м<sup>2</sup>. Численность спата на участке 2 в оба сезона наблюдений была относительно невелика: 133 и 33 экз./м<sup>2</sup> в 2003 и 2004 гг., соответственно.

Поселение *M.arenaria* в б. Яковлевой имеет иную структуру. Плотность поселения песчаных ракушек в этом местообитании составила 191 экз./м<sup>2</sup> в 2003 г. и 85 экз./м<sup>2</sup> в 2004. В каждый сезон (2000 - 2004 гг.) здесь были отмечены как представители генерации 1999 года, так и особи старших поколений. В 2003 г. численность генерации 1999 г. составила около 100 экз./м<sup>2</sup> (40 % от их количества в 2000 г.) (Герасимова, Максимович, 2002), на следующий год их осталось всего около 20 экз./м<sup>2</sup>. Численность спата в оба сезоне наблюдений на порядок превышала аналогичные показатели молодежи песчаных ракушек в других местообитаниях: 2200 экз./м<sup>2</sup> в 2003 г. и 1487 экз./м<sup>2</sup> в 2004 г.

Примечательно, что несмотря на различия в количественной представленности спата на трех исследованных участках в 2003 г., на следующий сезон во всех местообитаниях ситуация была практически одинакова. На участке 2 представители генерации 2003 г. не обнаружены вовсе, на участках 1 и 3 отмечены единичные особи (1-3 экз./м<sup>2</sup>). Таким образом, становится очевидным, что успешность пополнения поселений песчаных ракушек молодеью зависит от выживаемости спата в первую зиму.

Причины этого явления до конца не ясны. Низкая выживаемость спата *M. arenaria* в Белом море может быть связана особенностями гидрологического режима в период ледостава. На фатальные последствия для спата *M. arenaria* образования зимнего ледяного покрова указывал Г.Кюхль (Kuhl, 1951). Очевидно, что таком контексте климатические условия нельзя рассматривать как фактор, зависящий от плотности поселения моллюсков. С другой стороны, весьма показателен факт образования новой мощной генерации песчаных ракушек на участке 1 в 1988 г. после практически полного исчезновения здесь особей старших генераций (Maximovich, Guerassimova, 2003) - явное проявление внутривидовой конкуренции. Причем, судя по ежегодности оседания молодежи и отмеченным нами количественным параметрам оседания, механизмы такой конкуренции нельзя рассматривать только как прямое препятствие взрослыми моллюсками оседанию молодежи. Вероятно, отмеченные различия показателей структуры поселений песчаных ракушек следует рассматривать как отражение особенностей каждого из биотопов. Весьма существенным здесь может оказаться и фактор хищничества.

#### **Полякова Н.В.** Вертикальное распределение зоопланктона в малом озере

Малые озера, в основном лесные, типичны для Северной Карелии. В последние годы развитие исследований этих водоемов связано с разработкой модельных представлений о закономерностях формирования биотического баланса малых озер, причем работы проводятся совместно с сотрудниками лаборатории пресноводной экспериментальной гидробиологии ЗИН РАН. Вопрос о вертикальной неоднородности зоопланктонных сообществ, как одного из основных компонентов биоты, представляет значительный интерес в первую очередь для корректной оценки структурных показателей биоты.

Основой для настоящей работы послужили суточные наблюдения за миграциями зоопланктона в июне и августе 2002 года, проведенные на озере Нижнее Старушечье, расположенном вблизи Морской Биологической Станции СПбГУ. Пробы брали с периодичностью 4 часа с трех горизонтов, соответствующих эпи-, мета- и гипolimниону (табл.1). Так же использованы сезонные исследования 2002 и 2003 года, проводившиеся с мая по сентябрь. Нижнее Старушечье озеро характеризуется небольшими глубинами – средняя 3 м, максимальная 9 м, высокой цветностью воды и низкой прозрачностью.

В составе зоопланктона обнаружены представители 33 видов, в том числе 11 видов коловраток, 14 - ветвистоусых, 5 - веслоногих ракообразных. Доминирующими по численности являются *Kellicotia longispina*, *Asplanchna priodonta*, *Bosmina longirostris*, *Eudiaptomus graciloides*, составляющие 50% от общей численности. По биомассе доминировали *Daphnia cristata* и *Holopedium gibberum*. В июне зоопланктон представлен в основном коловратками, в августе – ракообразными.

Общая численность и биомасса колебались в течение суток в очень широких пределах, что, вероятно, связано с горизонтальными перемещениями организмов зоопланктона. Суточная вертикальная динамика численности и биомассы оценена для *Bosmina longirostris* и *Asplanchna priodonta* в июне и августе, для *Kellicotia longispina* в июне и для *Eudiaptomus graciloides* в августе, когда эти виды были представлены в достаточном количестве.

*Asplanchna priodonta* и *Kellicotia longispina* весной предпочитают нижние слои, особенно в ночные часы – их плотность в верхнем слое в 24.00 и 4.00 ниже в 2-3 раза, чем здесь же в дневные часы. Средняя численность их в озере в этот момент составляла 9 тыс. экз/м<sup>3</sup> и 5 тыс. соответственно. В августе не выявлено суточных колебаний численности *Asplanchna priodonta* и вертикальное распределение ее практически однородно, и средняя численность составила 3,5 тыс. экз/м<sup>3</sup>. Анализ сезонного материала 2002 и 2003 года показал, что основная масса коловраток предпочитает верхние слои. Так, *Conochilus unicornis*, *Keratella cohlearis* и *Ploeosoma truncatum* практически постоянно представлены только в слое 0-3 м, в слое 5-9 м их присутствие единично. Исключение составляет *Filinia longiseta*, вообще не отмеченная в верхних горизонтах за весь период наблюдений.

*Bosmina longirostris*, численность которой была 7 тыс. экз/м<sup>3</sup>, в июне сосредоточена в основном в верхнем слое, причем суточные колебания практически отсутствуют. В августе ситуация противоположная – основная масса рачков сконцентрирована в нижнем слое, составляя 5,5 тыс. экз/м<sup>3</sup>. Возможно, это объясняется длиной светового дня – поскольку озеро расположено вблизи Полярного круга, в июне темное время суток отсутствует. Аналогичная ситуация отмечена для *Daphnia cristata* – в июне она держится у поверхности, в августе уходит на более глубокие горизонты. Прочие Cladocera в основном постоянно сконцентрированы в верхнем слое.

Веслоногие ракообразные дают четкое разделение: у поверхности на протяжении всего сезона сконцентрированы все ювенильные стадии и

взрослые особи *Eudiptomus graciloides*, старшие копепоидитные стадии и взрослые Cyclopoidea предпочитают придонные слои.

На основании сезонных наблюдений 2002 года получено четкое разделение горизонтов 0-3 м и 3-9 м по качественному составу зоопланктона. Сравнение численности и биомассы различных горизонтов (табл.1) показали, что обилие зоопланктона достоверно ниже в металимнионе, особенно это хорошо видно в августе.

Таблица 1. Средние величины численности (N, экз/м<sup>3</sup>) и биомассы (B, мг/м<sup>3</sup>) зоопланктона в различных горизонтах воды в 2002 году.

Июнь			
горизонт	0-2 м	2-4 м	4-7 м
N	33994±6388	20335±2810	28123±5930
B	830,0±139,4	823,1±166,8	1075,8±245,4
Август			
горизонт	0-3 м	3-5 м	5-9 м
N	19778±1347	9137±832	22484±1793
B	650,6±71,5	331,5±22,1	555,5±43,1

Подводя итог, можно сказать, что суточные колебания численности внутри слоя как отдельных организмов, так и всего сообщества в целом несущественны, поэтому можно говорить об отсутствии суточных вертикальных миграций зоопланктона в данном водоеме. Видимо, это характерно для темноводных гумифицированных озер, каким является озеро Старушечье, при этом длина светового дня может играть решающую роль при оценке перемещений организмов. Тогда как общая вертикальная неоднородность сообщества имеет место и должна быть учтена при оценке функциональных характеристик зоопланктона.

**Старков А.И., Полякова Н.В., Мовчан Е.А., Стогов И.А.** Структура биоты наскальных ванн разной солености

Исследования наскальных ванн сотрудниками кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ проводятся с 1992 года. При этом соленым и солоноватым водоемам уделялось меньше внимания, несмотря на их распространенность на побережье Белого моря и тот факт, что сведения о биоте этих своеобразных экосистем присутствуют в отечественной и зарубежной литературе с начала прошлого века.

В ходе данной работы в начале августа 2004 г. на острове Медянка (Керетский архипелаг Кандалакшского залива Белого моря) было исследовано 7 наскальных ванн с выраженным градиентом солености (0-23 ‰), взяты пробы зоопланктона и макрозообентоса. При этом оценивали высоту ванн над уровнем моря (от 1 до 3 м на нулем глубин), их размерные характеристики (площадь от 0,3 до 30 м<sup>2</sup>, глубина 0,05 – 0,75 м). Помимо солености измеряли

такие ключевые абиотические факторы, как температура у дна (21 – 23<sup>0</sup>С) и поверхности (18,6 – 25,5<sup>0</sup>С), значения рН (7,8 – 10,2). Пробы макрозообентоса брали цилиндром площадью 1/300 м<sup>2</sup> или соскабливанием с камней с последующим определением их площади, зоопланктона – фильтрацией воды до 20 литров воды через газ №70.

Зоопланктон представлен 25 видами коловраток и ракообразных (Rotifera - 11, Cladocera -5, Copepoda – 9). Величины обилия колеблются в широких пределах – биомасса составляла от 0,002 до 551,1 мг/л при численности от 0,01 до 14170 экз/л. Величины индекса Шеннона – Уивера изменялись от 0 до 2,5. В составе макрозообентоса отмечено 7 таксонов. Биомасса варьирует от 4,2 до 110 г/м<sup>2</sup>, численность – от 450 до 55800 экз/м<sup>2</sup>.

показатели	водоем	1	2	3	4	5	6	7
	Соленость, ‰		23	13	9	8	5	~0
Зоо-планктон	N, экз/л	<1	42	1020	264	960	14200	170
	B, мг/л	<1	<1	551	12	12	101	14
	Число видов	1	11	1	6	10	4	7
	Индекс Шеннона	0	2,4	0	2,0	2.5	0.9	1,6
Зоо-бентос	N, экз/кв.м	23,1	10,4	55,8	8,4	0,5	30,5	6,9
	B, г/кв.м	108,6	6,3	30,6	109,4	4,2	40,0	20,9

Для ванны с наибольшей соленостью (23‰) характерно практически полное отсутствие зоопланктона, что, скорее всего, связано с низкой устойчивостью морских видов к высоким температурам, и чрезвычайно высокие показатели обилия зообентоса, обусловленный доминированием моллюска *Littorina obtusata* (биомасса 109 г/м<sup>2</sup>).

В ванне с соленостью 13‰ в зоопланктоне доминируют каляниды *Eurytemora hirundoides*, что не характерно для остальных водоемов. Большая часть биомассы и численности донных организмов приходится на личинок комаров сем. Chironomidae.

В водоемах с соленостью 5 – 9 ‰ в планктоне обычно доминируют коловратки родов *Hexarthra* (численность до 10000 экз/л) и *Ascomorpha*, что, возможно, связано с отсутствием здесь крупных ракообразных, механически повреждающих мелких организмов при активном движении. В некоторых водоемах в планктоне по биомассе доминируют харпактициды *Idyaea furcata*. Зообентос характеризуется преобладанием амфипод рода *Gammarus*.

В пресноводных наскальных ваннах с соленостью менее 1 ‰ в планктоне обычно преобладают ветвистоусые ракообразные *Bosmina obtusirostris*, *Chydorus sphaericus* и *Daphnia magna*. Здесь нередко отмечается резкое увеличение численности (до 14000 экз/л) - т.н. «эффект сгущения» при частичном пересыхании водоема. Большую часть биомассы и численности донных организмов составляют личинки комаров сем. Chironomidae.

Таким образом, соленость, возможно, является одним из ключевых факторов, определяющих состав биоты в наскальных ваннах побережья Белого моря.

## *Стогов И.А.* К вопросу о прогнозировании в гидробиологии

Колоколообразное распределение величин обилия гидробионтов относительно градиента одного из ключевых факторов среды, как и любой вариационный ряд, характеризуется основными статистиками (средняя, дисперсия, асимметрия, эксцесс и т.п.), степень приближения которых к параметрам не определена. Интересно, что величина эксцесса выборочного распределения может быть использована для оценки степени эври- (приближение величины эксцесса к «-2» при одномодальном характере распределения) или стенобионтности (при стремлении этого показателя к  $+\infty$ ) видов. Однако средняя арифметическая и дисперсия, необходимая для оценки ошибки средней, как наиболее часто используемые статистики положения и рассеяния, являются адекватной реализацией генеральных параметров лишь при нормальном распределении выборочных вариантов. Понятно, что в случае асимметричных распределений более адекватной реализацией генеральной средней будет мода (как наиболее часто встречающаяся величины признака), а в случае би- и полимодальных распределений – необходим расчет двух или нескольких средних.

Биологические системы для поддержания своего гомеостаза вынуждены постоянно изменять в определенных пределах целый ряд показателей. Поэтому понятие «норма» в применении к ним не есть лишь точечная характеристика положения, а динамически изменяющаяся, флуктуирующая относительно среднего значения, величина. При этом, такие показатели, как дисперсия с ее ошибкой, нормированное отклонение  $t$  для большинства гидробиологов величины если и понятны, то используемые на практике лишь как вспомогательные - для доказательства надежности оценки средних.

Традиционным подходом в гидробиологии стало построение эмпирико-статистических моделей (регрессионных уравнений), т.е. попытка восстановления величин отклика (обычно обилия гидробионтов) по величинам предикторов (обычно физико-химических или иных точно, просто и дешево оцениваемых средовых переменных). Использование для прогнозирования средних арифметических, обычно рассчитываемых без оценки характера выборочного распределения, породило огромное количество моделей, неадекватных даже в зоне интерполяции, не говоря уже об экстраполяции. При этом мера рассеяния относительно среднего положения обычно оценивается как случайное варьирование, т.е. ошибка прогноза. Однако, на мой взгляд, именно степень отклонения от «нормы» - среднего состояния отмечаемого в течение длительного времени - и есть ответ биосистем разного уровня организации на воздействие фактора. Именно достоверное отклонение фиксируемого показателя биосистемы от нормы позволяет нам охарактеризовать воздействующее начало не как условие жизни, а как фактор среды.

Возможно, анализ поведения биосистем, т.е. моделирование именно рассеяния (среднего квадратичного отклонения или нормированного отклонения  $t$ , меняющегося в гораздо более узких пределах, а потому более

удобного) от средней (степенной или структурной) при воздействии ключевых факторов среды, позволит вывести гидробиологию из тупика неадекватных прогностических моделей.

**Стогов И.И., Мовчан Е.А.** Макрозообентос зарослевой литорали озера Тростяного Карельского побережья Белого моря

Большую часть водоемов Северо-Запада составляют малые озёра с площадью водного зеркала менее 10 км<sup>2</sup>, на долю которых приходится около половины общей площади водоемов региона. Начиная с 1985-го года на кафедре ихтиологии и гидробиологии СПбГУ ведутся комплексные исследования малых лесных озер Карельского берега Белого моря, исследование роли высшей водной растительности в биотическом балансе водоемов начато в 2002 г.

Целью настоящей работы было изучение структуры донного населения в зарослевой литорали малых озер побережья Белого моря.

Материал собран на базе МБС СПбГУ в июле 2004 г. на озере Тростяное, проточном водоеме со степенью зарастания около 32%, что по классификации В.Г.Папченкова (2003) соответствует “водоемам, значительно заросшим макрофитами”. Всего было выделено и исследовано четыре характерных ассоциации макрофитов: заросли водного мха фонтиалиса (род *Fontinalietum*), чистые заросли ежеголовника (род *Sparganium*), заросли ежеголовника и кубышки (род *Nuphar*), заросли ежеголовника и полушника (род *Isoetes*), в которых было собрано 25 количественных и 13 качественных проб макрозообентоса.

Всего в зарослевой литорали отмечено 35 таксонов макрозообентоса (без учета личинок комаров семейства Chironomidae), в отдельных пробах количество видов и форм донных беспозвоночных колебалось от 1 до 8.

По структурным показателям макрозообентоса (видовое разнообразие и общая численность) методом кластерного анализа было выделено три группы станций (таблица).

группа	макрофиты	Численность, экз/кв.м	Количество видов
1	<i>Sparganium</i>	3800 <sub>±</sub> 300	6.6 <sub>±</sub> 0.4
	<i>Sparganium-Isoetes</i>		
2	<i>Sparganium-Nuphar</i>	1580 <sub>±</sub> 110	5.3 <sub>±</sub> 0.3
	<i>Fontinalietum</i>		
3	отсутствуют, 3 м	320 <sub>±</sub> 140	2.2 <sub>±</sub> 0.8

Наибольшая численность и количество видов отмечены в зарослях *Sparganium - Isoetes* и чистых зарослях *Sparganium*. Заросли *Sparganium - Nuphar* и *Fontinalietum* характеризуются меньшим обилием, практически не отличаясь по количеству видов. Самыми низкими показателями численности и видового разнообразия отличаются станции с глубинами около 3 м, где

макрофиты уже отсутствуют. Это лишний раз показывает большее видовое разнообразие и показатели обилия макрозообентоса зарослевой литорали.

По средним величинам обилия все представленные виды можно разделить на три группы. Наибольшие значения численности обычны для личинок комаров семейства Chironomidae, двустворчатых моллюсков семейства Spheriidae, олигохет рода *Tubifex* и личинок мокрецов семейства Ceratopogonidae.

Приуроченность видов, характеризующихся наибольшими и средними величинами численности, к ассоциациям макрофитов слабо выражена. Все доминирующие по численности виды эврибионтные формы, характерные для водоемов Карелии. Среди них только олигохеты рода *Tubifex* в о.Тростяное встречаются, преимущественно, в зарослях *Sparganium-Isoetes*.

Выраженную приуроченность к зарослям *Fontinalietum* и *Sparganium-Isoetes* имеют формы с низкими величинами численности. Для зарослей *Fontinalietum* это личинки стрекоз родов *Cordulia* и *Sympetrum*, для зарослей *Sparganium-Isoetes* – личинки поденок родов *Caenis* и *Paraleptophlebia*.

**Филиппова Н.А.\***, **Филиппов А.А.\*\*** Динамика клеточной устойчивости мерцательного эпителия беломорских двустворчатых моллюсков *Macoma balthica* L. в ходе акклимации к пониженной солености

\*Академическая гимназия СПбГУ, \*\* ЗАО "ЭКОПРОЕКТ"

Двустворчатые моллюски *Macoma balthica* относятся к наиболее обычным обитателям илисто-песчаных пляжей морей умеренной зоны Атлантического и Тихого океанов. Как большинство обитателей литорали, они отличаются высокой устойчивостью к изменениям различных факторов среды, включая соленость. В Белом море моллюски отмечены в районах с соленостью 18-27 ‰ (Старобогатов, Наумов, 1987). В экспериментальных условиях макомы из Балтийской популяции способны длительное время жить при солености менее 1 ‰ (Комендантов и др., 1985). Известно, что основная роль в адаптации морских моллюсков к колебаниям солености принадлежит устойчивости клеток (Жирмунский, 1962; Шлипер, Тиде, 1975; Бергер и др., 1986). В связи с этим представляет интерес изучение особенностей соленостной адаптации моллюсков не только на организменном, но и на клеточном уровне.

Целью работы было изучение динамики клеточной устойчивости мерцательного эпителия *Macoma balthica* при акклимации моллюсков к пониженной солености.

Экспериментальные работы проводили в августе 2004 г. на Морской Биологической станции СПбГУ. Моллюсков собирали в нижнем горизонте литорали бухты Ключиха (соленость около 23 ‰). Собранных моллюсков делили на 2 группы – опытную и контрольную и помещали, соответственно, в солености 10 ‰ и 23 ‰. Через определенные промежутки времени проводили оценку солеустойчивости клеток мерцательного эпителия. Для этого у 3 моллюсков из каждой группы отпрепарировали ротовые лопасти, которые

помещали в морскую воду с тестовой соленостью (2.3‰). Через 1 сутки экспозиции в тестовых растворах определяли уровень мерцательной активности клеток по 6-бальной системе (от 0 до 5). Для каждого срока наблюдений рассчитывалась средняя оценка мерцательной активности клеток в тестовых экспериментах (которую принимали за показатель устойчивости) и ее 95 % доверительный интервал.

У неакклимированных моллюсков в тестовых растворах клетки мерцательного эпителия практически полностью теряли свою функциональную активность. Функциональное состояние ткани оценивалось на уровне 0,2 балла. Через 12 часов акклимации моллюсков к пониженной солености (10 ‰) наблюдалось существенное увеличение солеустойчивости клеток. В тестовом растворе функциональная активность эпителия составляла 3 балла. Через 24 часа устойчивость клеток снизилась до 2,5 балла, через 48 часов опять возросла и в дальнейшем практически монотонно возрастала вплоть до окончания эксперимента. К концу периода акклимации (через 20 сут) экстремально низкая соленость тестовых растворов практически не оказывала повреждающего воздействия на мерцательный эпителий.

Солеустойчивость эпителия в контрольной группе моллюсков также существенно менялась в ходе эксперимента. В течение трех суток с начала акклимации этот показатель достоверно не изменялся и составлял 0,5 балла. На четвертый день показатель устойчивости увеличился до 1,6 балла и в течение последующих трех суток оставался на этом уровне. Такое повышение, вероятно, было связано с понижением температуры в ходе эксперимента и, соответственно, снижением степени повреждающего воздействия тестовых концентраций. На шестнадцатый день эксперимента солеустойчивость эпителия контрольной группы моллюсков опять снизилась до 0,3 балла. Последнее, вероятно, было связано с ухудшением физиологического состояния моллюсков в связи с их голоданием (специального кормления подопытных организмов не проводили) и накоплением в аквариумах продуктов метаболизма из-за отсутствия смены воды.

В целом эксперименты показали, что

1. При акклимации моллюсков к пониженной солености у них наблюдалось адаптивное повышение клеточной устойчивости к экстремально низкой солености.

2. Изменения клеточной устойчивости мерцательного эпителия моллюсков происходили не монотонно, а в колебательном режиме.

3. Существенные изменения клеточной устойчивости при изменении солености среды наступали достаточно быстро, но для завершения процесса акклимации требовался период времени, превосходящий продолжительность проведенного эксперимента (около 3 недель).

Работа поддержана грантом РФФИ № 04-04-49801 \_а.

**Аристов Д.А., Булыгин Д.М.** Использование пустых домиков *Semibalanus balanoides* (L., 1766) некоторыми видами литорального макрозообентоса в качестве убежища (о. Ряжков, вершина Кандалакшского залива, Белое море)

Известно, что в плотных поселениях усконогих рачков – баянусов, их домики могут сохраняться после гибели животного некоторое время, что создает дополнительные “ниши” для обитающих в пределах поселений рачков животных. В ассоциациях *Balanus crenatus*, в условиях невысокой гидродинамической напряженности, отмечено наличие обширного и зачастую специфического комплекса видов макрозообентоса, ассоциированного с пустотами между отдельными домиками и внутри пустых домиков (Яковис, 2002). Пустые домики обитающего на литорали *Semibalanus balanoides* существуют непродолжительное время, и поэтому могут выступать лишь в качестве источника пищи в виде остатков тканей баянусов и убежища при осушке для вагильных животных в пределах поселения рачков. В литературе данный вопрос освещен достаточно слабо, поэтому мы задались целью определить видовой состав обитающих в пределах ассоциаций *S. balanoides* видов, а также выяснить, какие животные используют пустые домики баянусов (ПДБ) в качестве убежища.

Материалом для данного исследования послужили сборы XXV Беломорской экспедиции Группы исследования прибрежных сообществ ЛЭМБ в июле-августе 2004 года, проводившиеся на территории Кандалакшского Государственного Заповедника. В начале приливной фазы отливного цикла исследовались ассоциации *S. balanoides* (средняя плотность рачков ок. 12000 экз/м<sup>2</sup>) на камнях и валунах (поселение занимало в среднем от 50 до 80% площади поверхности субстрата). Доля ПДБ в ассоциациях составляла 27,5±7,3% от общей площади поселения. С поверхности камня и из пространств между ПДБ тщательно изымались все животные. После этого домики разрушались, и животные, находившиеся внутри ПДБ, учитывались отдельно. В парах полученных таким образом выборок учитывалась видовая принадлежность, количество и биомасса найденных животных.

Таким образом было обработано 16 камней.

Всего в ассоциациях *S. balanoides* было найдено 20 таксонов беспозвоночных (11 видов и 9 таксонов надвидового ранга). Из них 19 были встречены вне ПДБ, 15 – внутри домиков. Наиболее часто были встречены следующие таксоны: *Littorina saxatilis*, *Littorina juv.sp.*, *Hydrobia ulvae*, *Mytilus edulis*, *Jaera sp.* и неопределенные виды Acariformes. Полихеты *Microspio sp.*, *Pygospio elegans*, олигохеты *Tubificoides benedeni* и *Clitellio arenarius*, а также двустворка *Macoma balthica* встречены лишь вне ПДБ. Личинки комаров сем. Chironomidae были нами встречены, наоборот, только внутри ПДБ. Встречаемость *Fabricia sabella* и Acariformes внутри ПДБ была выше, чем вне домиков. Вероятно, *F. sabella* может попадать в домики, заполненных песком, клещей, скорее всего, привлекает в домики разнообразные источники пищи,

Chironomidae тяготеют к "пустотам" различного происхождения. Сравнение численности и биомассы животных, встреченных внутри ПДБ и снаружи домиков показало, что домики используют более мелкие особи, в том числе, молодь. Таким образом, в поселениях *S. balanoides* могут находиться не только типичные обитатели каменистой литорали, но также и инфаунные виды, которых, скорее всего, привлекает наличие песка в "нишах" образованных ПДБ. Кроме того, хотя домики *S. balanoides* не являются долговременным образованием, они могут служить убежищем для мелких особей (возможно - молодки) некоторых видов беспозвоночных.

**Барбина А.А., Гранович А.И., Батагов А.О.\*** Фенотипическая структура эстуарных популяций *Littorina obtusata* (L.): стабильность частот и клинальные изменения

\* University College London

*Littorina obtusata* характеризуется ярко выраженным полиморфизмом окраски раковины и широко используется в популяционных исследованиях. Отсутствие планктонной личинки у этого моллюска создает предпосылки к дифференцировке локальных популяций, которая может быть (а) просто функцией от расстояния между популяциями и (б) связана с градиентом ключевых экологических факторов. Связь частот цветовых морф, очевидно, маркирующих определенные генные комплексы в популяциях моллюска с градиентами ключевых экологических факторов была показана ранее (Сергиевский, 1983; Сергиевский, Бергер, 1984; Соколова и др., 1995; Гранович и др., 1995). Однако клинальные изменения частоты цветовых морф не сопоставлялись с аналогичными оценками популяций в стабильных условиях. Цель представляемого исследования: (а) оценка степени стабильности частот цветовых морф в популяциях, обитающих при относительно сходных условиях на различном расстоянии друг от друга, а также (б) сравнение с аналогичными данными по популяциям, обитающим вдоль градиента фактора «соленость местообитания».

Работа выполнена в июне-июле 2003 и 2004 г.г. в районе Керетской губы Кандалакшского залива Белого моря. Исследована система выборок (8 популяций) с острова Матренин, Большой Горелый и Кереть (задача «а»). Помимо этого проанализированы две системы выборок (19 популяций литторин), располагающиеся вдоль двух выходов из керетского эстуария (северо-восточная оконечность острова Средний и побережье материка в районе Подпахты и Коровьей варакки) (задача «б»). В каждой точке побережья собирали выборки в нижней и верхней части пояса макрофитов. Всего учтено более 11920 особей. Все моллюски классифицированы по фенотипическому составу на 35 различных фенотипов (комбинативное сочетание нескольких групп фенов: цвет раковины, наличие рисунка в виде шашек или полос). В качестве основных статистических подходов использовали дисперсионный анализ и метод главных компонент.

Условно все обнаруженные фенотипы можно разделить на две группы: темные (основные) и яркие (редкие). Первая категория характеризует моллюсков, в раковинах которых преобладают темный (пурпурный) пигмент, тогда как во второй - преобладают желтые и оранжевые пигменты. Предварительный анализ показал, что существенные различия частот морф в выборках из нижней и верхней части литорали в каждой точке отсутствуют. Это позволило обосновать оценку каждой популяции *L.obtusata* единым распределением частот, которое рассчитано по сборам из верхней и нижней частей пояса макрофитов. Сравнение частот морф в пределах острова Матренин (популяции, разделенные несколькими метрами, десятками и сотнями метров), а также популяций островов Большой Горелый и Кереть показало гомогенность основных, наиболее часто встречающихся цветовых морф. При этом межпопуляционное варьирование в группе редких фенотипов популяциями не выявляет связи с расстоянием между популяциями. В противоположность этому, выборки, полученные вдоль градиента солености местообитаний, характеризуются существенными различиями частот как редких, так и часто встречающихся морф. Оценка двух групп популяций, расположенных вдоль обоих (удаленных друг от друга) выходов из эстуария реки Кереть показала сходные между собой клинальные изменения частот цветовых морф. Наиболее существенно изменяется частота пурпурных шашечных фенотипов (уменьшается по мере приближения к эстуарию). В противоположность этому, в обеих группах популяций приближение к эстуарию связано с двух-трехкратным увеличением частоты пурпурных нешашечных морф, а также с уменьшением доли редких морф, в частности, заметным уменьшением доли моллюсков с полосатой раковиной (подтверждение ранее полученных данных по этим морфам в условиях эстуария, Соколова и др., 1995). Отметим, что все наблюдаемые изменения частот в обоих случаях касаются популяций, расположенных на протяжении 100-300 метров береговой линии. То есть, резкие клинальные изменения частот цветовых морф выражены в пространственном масштабе, в котором популяции района острова Матренин не характеризуются заметной изменчивостью основных цветовых морф. Сравнение двух групп популяций *L.obtusata*, населяющих выходы из эстуария реки Кереть, помимо явно сходных клинальных изменений частот фенотипов, показало и некоторые различия. Так, вся группа популяций северо-восточной оконечности острова Средний характеризуется более высокой концентрацией моллюсков, содержащих оранжевый и желтый пигменты раковины.

В целом полученные данные свидетельствуют об относительно стабильном фенотипическом составе популяций *L.obtusata* в условиях отсутствия выраженных экологических градиентов. В противоположность этому – наблюдается явная дифференцировка частот морф в популяциях, расположенных вдоль градиента солености. Важно отметить, что «реакция» удаленных друг от друга групп популяций на эстуарные местообитания включает резкие изменения частот одних и тех же фенотипических классов,

хотя они и происходят в условиях несколько различной компоновки цветковых морф, характерной для каждой из этих групп.

**Басова Л.А.** Зараженность *Macoma balthica* L. Белого и Баренцева морей паразитическими трематодами сем. Gymnophallidae

Трематоды сем. Gymnophallidae используют двустворчатых моллюсков в качестве 1-го и 2-го промежуточных хозяев. Окончательным хозяином являются морские птицы (Lauckner, 1983). *Macoma balthica* является промежуточным хозяином, как минимум, трех видов трематод этого семейства: *Gymnophallus gibberosus* (Loos-Frank, 1971), *Lacunovermis macomae* (Lebour, 1908) и *Parvatrema affinis* (Jameson & Nicoll, 1913) (Lauckner, 1983). Известно, что трематоды сем. Gymnophallidae могут оказывать различное патологическое влияние на своих хозяев – двустворчатых моллюсков: поражения и уродства раковины, изменение поведения хозяина, благоприятствующее его обнаружению и поеданию птицами и др. (Swennen, 1969, Lauckner, 1983).

Целью нашего исследования, имеющего предварительный характер, являлась оценка экстенсивности заражения *M. balthica* в поселениях Белого и Баренцева морей.

Изучено 17 поселений моллюска, 6 из которых располагалось в Баренцевом море (№1 кут Кольского залива (Северное Нагорное), №2-6 средняя часть и окрестности Кольского залива) и 11 в Белом море (№7-10 Кандалакшский, № 11-15 Онежский и № 16-17 Двинской заливы). Моллюски были вскрыты, ткани и внутренняя поверхность створок раковины изучены под биноклем МБС-10. Отмечалось присутствие-отсутствие метацеркарий и (или) спороцист трематод.

На примере поселения №1 из Северного Нагорного было проведено изучение динамики заражения моллюсков в летний период: пробы отбирались в начале июня (9 проб) и в начале августа (3 пробы) 2004 г. Все моллюски были измерены, у большинства особей определен пол. В июне были обследованы средний и нижний горизонты литорали. На среднем горизонте дополнительно было проведено сравнение зараженности моллюсков, собранных с поверхности и из толщи грунта. В августе пробы были взяты только из толщи грунта на среднем горизонте литорали.

Экстенсивность заражения моллюсков личинками трематод сем. Gymnophallidae в разных пробах варьирует от 0 до 86 %. В Баренцевом море наиболее высокий процент зараженных особей имеет поселение №1, где в среднем заражено более 50 % моллюсков. В Белом море максимальные доли зараженных особей отмечены в сублиторальных поселениях №14 и №16 из устьев рек Онеги и Северной Двины – 86 и 61 % и литоральных №15 (широкий пляж у пос. Тамица) – 77 % и № 9 (бухта рядом с пос. Лувеньга) – 74 %. Все эти районы характеризуются высокой плотностью поселения макама (600-3500 экз/м<sup>2</sup>). В большинстве случаев мы имели дело с заражением макама метацеркариями. Из-за сходного морфологического строения личиночных

стадий трематод, обитающих в экстрапаллиальной полости *M. balthica*, определение видовой принадлежности обнаруженных метацеркарий без дополнительных исследований невозможно (Lauckner, 1983, Pekkarinen, 1984). На 2-х станциях из Кольского залива Баренцева моря (№1 и №3) и 5-ти Белого моря (№7 – Умба, №8 – Колвица, №12 – Долгая губа, Соловецкие о-ва, №13 – Кемь, №15 – Тамица) в части моллюсков помимо метацеркарий присутствовали спороцисты трематод. Ни в одной из спороцист не было обнаружено хвостатых церкарий – во всех находились лишь недоразвитые бесхвостые метацеркарии. Поскольку из 3-х видов трематод, паразитирующих на *M. balthica*, только у *P. affinis* церкарии развиваются в метацеркарий, не выходя из спороцисты, мы предполагаем, что все найденные нами спороцисты принадлежат этому виду. Доля *M. balthica*, зараженных спороцистами *P. affinis* варьирует в этих поселениях от 1,6 до 9,1 %.

Изучение *M. balthica* из Северного Нагорного показало, что доля зараженных особей среди самцов и самок достоверно не различается. С увеличением размера (возраста) моллюсков доля зараженных особей в поселении значительно возрастает, что можно связать с увеличением вероятности проникновения, а также, количеством, внедряющихся в моллюска церкарий. Не смотря на то, что доля зараженных моллюсков, собранных с поверхности грунта выше, чем находящихся в толще грунта, различия экстенсивности заражения трематодами между этими двумя группами не достоверны. Этот факт не противоречит гипотезе о том, что выкапывание из грунта не обязательно следствие воздействия трематод, а является актом нормального поведения моллюсков, позволяющего им оптимизировать питание (Mouritsen, 1997). Различия зараженности моллюсков на среднем и нижнем горизонтах литорали (а также выборки в пределах среднего горизонта) не достоверны, что говорит о низком уровне локальной изменчивости зараженности маком в Северном Нагорном. Сравнение экстенсивности заражения особей в июне и в августе показало, что процент зараженных особей на среднем горизонте литорали в течение лета достоверно возрастает с 57 до 86 %. Поскольку средние значения размеров особей в обоих случаях одинаковы, можно предположить, что увеличение доли зараженных особей в данном поселении связано с внедрением новых церкарий в моллюсков-хозяев в течение лета.

Автор выражает благодарность К.В. Галактионову за консультации и обсуждение паразитологических данных и П.П. Стрелкову за всестороннюю помощь. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 04-04-57808).

**Братова О.А.** Новые данные о видовом составе рода *Henricia* (Echinodermata, Asteroidea) акватории Керетского архипелага Белого моря.

Летом 2003 года в акватории Керетского архипелага Белого моря был произведен сбор морских звезд рода *Henricia* с целью исследования его видового состава. В ходе обработки полученного материала были выявлены

представители двух групп видов рода *Henricia*, выделяемых Ф.Мадсенем (Madsen, 1987) — "perforata" и "pertusa". В частности, как представитель первой группы был определен вид *H. perforata*, тогда как во второй группе были выделены *H.lisa ingolfi n.subsp* (Madsen, 1987) и *H.pertusa*. (Братова и др., 2004). Однако наличие в исследованном материале ювенильных особей требовало проверки результатов видовой идентификации на материале, содержащем половозрелых животных. С этой целью летом 2004 года был собран и обработан дополнительный материал из той же части Белого моря. Для проверки корректности определения были исследованы сборы беломорских звезд рода *Henricia* из коллекции ЗИН РАН, а также типовые экземпляры видов, хранящиеся в Копенгагенском зоологическом институте.

Сравнительный анализ беломорского материала и типовых экземпляров, хранящихся в Копенгагенском зоологическом институте подтвердил наличие в акватории Керетского архипелага вида *H. perforata* (группа видов "perforata"). Вместе с тем, обработка сборов, произведенных летом 2004 года позволила уточнить видовой состав беломорских представителей группы "pertusa". В частности, был обнаружен вид *H.sanguinolenta*, не выявленный в ходе идентификации материалов 2003 года. Кроме того, после повторной обработки и сопоставления с типовым материалом к этому же виду были отнесены особи, ранее ошибочно идентифицированные как *H.pertusa*. В данном случае ошибка идентификации, по-видимому, была обусловлена тем, что большую часть определенного как *H.pertusa* материала составляли ювенильные особи. Не удалось также подтвердить наличие в районе Керетского архипелага звезд, идентифицированных ранее как *H.lisa ingolfi*. Однако в настоящий момент остается неясным, к какому виду рода *Henricia* следует отнести эту часть собранного материала.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что в фауне Asteroidea акватории Керетского архипелага Белого моря присутствуют, как минимум, два представителя рода *Henricia* — *H. perforata* и *H.sanguinolenta*.

**Буфалова Е.Н., Козин М.Б.\*, Католикова М.В., Сухотин А.А.\*\*,  
Стрелков П.П.** Мидии р. *Mytilus* губы Тюва (Кольский залив, Баренцево море)

\*Мурманский государственный технический университет

\*\*Зоологический институт РАН

Интенсивные исследования мидий Кольского залива и Мурманского берега проводились в 1970-х (Романова, 1969, Голиков, Аверинцев, 1977, Агарова, 1979). При этом считалось, что в районе обитает исключительно *Mytilus edulis*. Позднее, с помощью молекулярно-генетических методов было показано, что в водах севера Скандинавии и Кольского полуострова обитает еще одна генетическая форма мидий – *Mytilus trossulus* (Милютин, Петров, 1997, Ridgway, Naevdal, 2004, Väinölä, Strelkov, неопубл. данные). Структура и динамика поселений мидий в зонах смешения и гибридизации *M. edulis* и *M. trossulus* в Баренцевом море ранее не изучались. Согласно нашим

предварительным данным, в губе Тюва (Кольский залив) встречаются обе формы – *M. edulis* и *M. trossulus*, а также их гибриды. Целью настоящей работы являлось описание современного состояния поселений мидий губы Тюва – пространственного распределения, возрастной и генетической структуры поселений, а также темпов роста моллюсков.

Губа Тюва расположена в северо-восточной части Кольского залива. Литораль в устье и средней части губы скалистая или каменистая, в куту илисто-песчаная. В кут губы впадает одноименная река. На литорали обоих берегов губы нами обнаружены разреженные поселения мидий (далее «литораль»), а в устье реки – сплошное поселение, занимающее диапазон глубин от +0,5 до -2,0 м (далее «банка»). На литорали заложено 5 вертикальных разрезов (3 на левом берегу и 2 на правом), на мористой части банки два литорально-сублиторальных разреза, через всю ширину банки. На каждом разрезе на стандартных горизонтах по отношению к 0 глубин отобрано по 4 количественных пробы площадью 0,01 м<sup>2</sup>. Возраст всех мидий определен путем подсчета колец зимней остановки роста. Также определены размеры годовых приростов. На генотипирование отобраны две пробы - с нижней литорали устьевой части левого берега губы (0,5 м от 0 глубин), 56 особей, и выборка с банки, взятая на той же глубине, 135 особей. Структура выборки с банки позволила сравнить разные возраста. Генетическая принадлежность моллюсков (*M.edulis*, *M.trossulus* и гибриды) определена методом аллозимного электрофореза, согласно рекомендациям E.Gosling (1992). Линейный рост мидий описан уравнением Берталанффи. Попарное сравнение кривых роста производилось путем оценки дисперсий вариант относительно индивидуальных и объединенной кривых (Максимович, 1989). Сбор материала выполнен студентами-биологами МГТУ, в рамках практики по морской биологии, в июле 2004 года.

Плотность моллюсков на литоральных разрезах варьирует от 600 до 7000 экз/м<sup>2</sup>, на банке – от 11000 до 12000 экз/м<sup>2</sup>. Биомасса мидий на банке составляет порядка 20 кг/м<sup>2</sup>, что на порядок превосходит таковую на литорали. Оценивая площадь только разведанного участка банки в 18000 м<sup>2</sup>, получаем общую биомассу моллюсков на участке порядка 360000 кг. С учетом сложной топографии береговой зоны губы и ограниченности материала оценить, с должной точностью, обилие мидий на литорали сложно. По нашим предварительным оценкам, общая биомасса на литорали не должна превосходить таковую на банке. В пробах с отмели встречены мидии 2-11 лет, на банке – 2-15 лет, причем представленность моллюсков старших возрастов на банке выше. Возрастная структура поселений характеризуется унимодальной возрастной структурой. На литорали повсеместно доминируют 4-летние моллюски (генерация 2000 года оседания), на банке - пятилетние. Необходимо отметить, что среднегодовая температура воды в 1999 и 2000 годах в Баренцевом море была, относительно предшествующих лет, повышенной (The 2002/2003 ICES Annual Ocean Climate Status Summary). В генотипированной выборке с литорали отмечено всего 4 особи *M.edulis* из 56. Соотношение *M.edulis* *M.trossulus* и гибридов в выборке с банки пропорционально.

Повозрастной анализ данных показывает, что в младших возрастных классах (3-6 лет) на банке доминируют *M.trossulus* и гибриды, тогда как в старших возрастах (>7 лет) - *M.edulis*. Литоральные поселения гетерогенны по темпам роста моллюсков. Так, к 5 годам мидии достигают размеров от 13 до 32 мм. Темпы роста моллюсков не связаны с глубиной, но закономерно увеличиваются от устья к куту губы. Эта закономерность проявляется и при сравнении проб с литорали и с банки, – на банке, мидии растут в полтора-два быстрее (F-тест,  $P < 0.0001$ ). Это можно связать с лучшей обеспеченностью пищей мидий в куту за счет привнесения взвешенного органического вещества рекой. С глубиной темпы роста мидий на банке снижаются. Различий в росте разных генотипов нет.

Основой ресурсов мидий губы является банка в устье реки Тювы. Плотность, биомасса, темпы роста, и представленность моллюсков старших возрастов моллюсков на банке максимальны. *M.edulis*, с одной стороны, *M.trossulus* и гибриды, с другой, имеют разное микрораспределение, а также, вероятно, - разную продолжительность жизни. В тоже время, различий в росте между ними не выявлено. Губа Тюва является перспективным районом изучения взаимоотношений гибридирующих форм мидий, в частности, их вклада в динамику численностей смешанных поселений. Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ 04-04-57808.

**Генельт-Яновский Е.А., Шунькина К.В., Полоскин А.В.** Характеристика поселений *Macoma balthica* (L.) в юго-восточной части Баренцева моря  
кафедра Зоологии беспозвоночных СПбГУ, Лаборатория Экологии Морского Бентоса

*Macoma balthica* (L.) – обычный для северной Атлантики вид, встречающийся в сообществах песчаной и илисто-песчаной литорали, а также в верхних горизонтах сублиторали. Южная часть Баренцева моря фактически является северной границей распространения данного вида в Европе (Агарова, 1974). В настоящее время накапливается все большее количество данных, говорящих о том, что на краях ареалов, где состояние популяций приближается к границе зоны толерантности, наблюдаются значительные колебания численности, приводящие иногда к исчезновению отдельных локальных поселений (Городков, 1990; Dekker, Veukema, 1993). В связи с этим целью данной работы стала оценка популяционной структуры *Macoma balthica* различных литоральных поселений Мурманского побережья.

Материалом для данной работы послужили сборы III совместной экспедиции Лаборатории Экологии Морского Бентоса и Секции Естественнонаучного Образования Санкт-Петербургского Общества Естествоиспытателей в период с 8 по 21 августа 2004 г. Всего нами было изучено 5 поселений макомы: 3 – на литорали Кольского залива (Ретинское, Абрам-мыс, Северное Нагорное), 1 – на литорали Западного Мурмана (кут Ура-губы) и 1 – на литорали Восточного Мурмана (губа Дальне-Зеленецкая, Дальний Пляж).

В Кольском заливе в пределах каждого поселения брали две пробы с площади  $1/10 \text{ м}^2$  каждая. При этом первая проба располагалась вблизи верхней границы средней литорали, а вторая - вблизи уреза воды. В Ура-губе (Западный Мурман) и в губе Дальне-Зеленецкой для проведения более детального изучения структуры поселений моллюсков количество проб было увеличено.

Пробы промывались на сите с диаметром ячеек 1 мм, в них учитывались все особи *M.balthica*. В дальнейшем у моллюсков измерялись длина (L), высота (H) и толщина раковины (W) с точностью до 0,1 мм. Окраску определяли по наружной стороне створок, при этом в дальнейшем анализе рассматривались моллюски, длина раковины которых превышала 6,0 мм.

При сравнении плотности различных поселений *M.balthica*, расположенных вдоль Мурманского берега Баренцева моря, выяснилось, что значения показателей обилия макомы в литоральных сообществах правого берега Кольского залива и Восточного Мурмана оказываются существенно ниже по сравнению с поселениями левого берега Залива и Западного Мурмана. При этом наблюдается последовательное, почти пятнадцатикратное, уменьшение плотности поселения с запада на восток. Так, в самой западной исследованной точке (Ура-губа) средняя плотность поселения составляла  $1267 \pm 288,8 \text{ экз./м}^2$ , а в самой восточной – губе Дальне-Зеленецкой –  $30 \pm 3,4 \text{ экз./м}^2$ .

Размерная структура всех поселений макомы характеризуется двухвершинным распределением. При этом в большинстве точек преобладали моллюски старших возрастов (длина раковины которых составляла 6,0 – 20,0 мм). Однако, в пределах поселений Абрам-мыса и Северного Нагорного (кут Кольского залива) также отмечена значительная доля моллюсков длиной менее 6,0 мм.

Значения коэффициента H/L для различных поселений *M.balthica* изменяются в интервале 0,78 – 0,85. При этом минимальные значения коэффициента отмечены для самого западного поселения (Ура-губа), а максимальные для самого восточного (Дальний Пляж). Поселения Кольского залива характеризуются промежуточными значениями. Соотношение W/L варьирует от 0,38 до 0,46 и закономерностей географической изменчивости этого признака популяций не выявлено.

При анализе полиморфизма окраски раковины *M.balthica* показано, что в большинстве исследованных поселений преобладает красная морфа. Максимальная доля красных моллюсков отмечена на участках с высоким (> 22‰) уровнем солености. В большинстве исследованных поселений окрашенные моллюски преобладали на верхнем горизонте литорали.

Таким образом, поселения *M.balthica* Мурманского побережья Баренцева моря характеризуются некоторыми общими особенностями. Это особенности размерно-возрастной (бимодальность) и фенотипической (высокая доля красных морф) структуры. В то же время, по показателям плотности поселения достаточно четко выявляются клинальные (с запада на восток) изменения в пределах исследованного района. При этом популяции *M.balthica* Восточного Мурмана характеризуются чрезвычайно низкими значениями плотности

поселения. Возможно, именно Кольский залив является границей, вблизи которой значения показателей обилия макомы резко уменьшаются по сравнению с европейскими популяциями, плотность поселений которых составляет 300-40000 экз./м<sup>2</sup> (Stephen, 1929; Ratcliffe *et al.*, 1981). Наличие клинального характера изменчивости данного вида вблизи северной границы ареала, возможно, также подтверждается различиями в значениях коэффициента Н/Л.

Авторы выражают благодарность А.И. Грановичу за внимание к работе.

**Добрецов С.В., Раилкин А.И.** Выбор субстрата личинками *Mytilus edulis* и *Perna viridis*

Для большинства Mytilidae показано, что вначале личинки оседают на нитчатые субстраты, а спустя некоторое время мигрируют в места поселения взрослых особей (Bayne, 1964). В то же время указывается, что моллюски *Mytilus edulis*, *M. galloprovinciales* и *Perna perna* могут оседать непосредственно на мидиевые банки (McGrath *et al.*, 1988; Caceres-Martinez *et al.*, 1993; Lasiak & Barnard, 1995). Целью данного исследования было изучить в лабораторных и полевых экспериментах оседание личинок *M. edulis* и *P. viridis* на искусственные и естественные субстраты, а также проверить предположение о том, что моллюски преимущественно оседают на нитчатые субстраты.

В полевых экспериментах на Белом и Южно-Китайском морях изучали оседание личинок на естественные (нитчатые водоросли *Cladophora* sp., *Ceramium* sp., *Enteromorpha* sp., пластинчатые водоросли *Laminaria* sp. и *Sargassum* sp., а также поверхность и биссус взрослых моллюсков) и искусственные субстраты (лески (диам. 0.5 мм), канаты (диам. 1 см) и пластины (5 x 7 см). В лабораторных опытах использовали педивелигеров готовых к оседанию, которых собирали из планктона согласно методике С.В. Добрецова (1999).

Эксперименты позволили установить, что в природных условиях личинки мидий *M. edulis* преимущественно оседают на искусственные нитчатые субстраты (280 экз. см<sup>-2</sup>). Плотность спата на нитчатых водорослях была в 3 раза меньшей. Оседания на поверхность *Laminaria* sp. и на раковины *M. edulis* практически не происходило. В лабораторных экспериментах, личинки *M. edulis* более интенсивно оседали на нитчатые водоросли *Cladophora* sp. (63 ± 5 %) и практически не оседали на искусственные субстраты (5 ± 3 %). Личинки *P. viridis* в морских экспериментах не оседали на искусственные субстраты, предпочитая им нитчатые водоросли *Enteromorpha* sp., численность спата на которых достигала 1,6 экз. см<sup>-2</sup>. В лабораторных экспериментах личинки *P. viridis* также предпочитали нитчатые водоросли и не оседали на искусственные субстраты и раковины взрослых моллюсков.

Проведенное исследование позволило установить, что для двух видов свойственно оседание на нитчатые субстраты. Таким образом, *P. viridis* может быть отнесена к моллюскам, для которых свойственно двойное оседание

(Bayne, 1964). В случае мидии *M.edulis*, различие между данными лабораторных и полевых экспериментов могло быть обусловлено влиянием дополнительных факторов, например, течения, которые не учитывались в лабораторных опытах.

Исследование было выполнено при поддержке гранта для молодых кандидатов наук вузов Санкт-Петербурга № PD-02-4-190.

**Знаменская О.С., Гранович А.И.** Подразделенность популяций *Littorina saxatilis* (Olivi) и *L.obtusata* (L.) в зоне перекрывания их ареалов

Одним из важнейших компонентов анализа популяционных систем является исследование их пространственной организации. Различие в пространственной структуре популяций близкородственных видов отражает разделение их экологических ниш. Это, в свою очередь, может быть связано с эволюционным формированием комплексов близких видов (проблемы микроэволюции) и с поддержанием видового богатства сообщества (проблемы структуры сообществ). Популяционные ареалы беломорских литоральных моллюсков *Littorina saxatilis* и *L.obtusata* частично перекрываются. *L.obtusata* приурочена к поясу макрофитов; *L.saxatilis* широко распространена как в пределах пояса макрофитов, так и вне его – в верхнем горизонте литоральной зоны. Эта специфика популяционных ареалов неоднократно отмечалась в качестве существенных экологических различий двух близких видов моллюсков (Матвеева, 1974, Сергиевский и др., 1991 и др.). В то же время ранее не предпринимались попытки оценить особенности структуры популяций *L.saxatilis* и *L.obtusata* в зоне интерградации – в пределах пояса макрофитов. Таким образом, основной вопрос, поставленный в предлагаемой работе – имеется ли видовая специфика в распределении двух близких видов литторин в зоне перекрывания их популяционных ареалов?

Исследование проведено в июле 2003 года на двух участках каменистой литорали губы Чупа Белого моря (корга у Левин-наволока и участок литорали острова Большой Горелый). Во время отлива моллюски локализуются на поверхности макрофитов, в их толще, а также на грунте под фукоидами. Очевидно, что условия обитания во всех этих микробиотопах существенно различаются. В связи с этим пробы собирали отдельно в каждом микробиотопе. Все сборы проводили с помощью стандартных рамок площадью 1/40м<sup>2</sup> в пятикратной повторности. Моллюсков изымали количественно. Для каждого моллюска определяли вид, измеряли высоту раковины и ширину последнего оборота с помощью штангенциркуля. Возраст определяли методом подсчета колец нарастания. Анализ структуры популяции проводили с использованием показателей плотности поселения и размерно-возрастной структуры.

Показано неравномерное распределение частей популяций моллюсков обоих видов на поверхности, в толще и под фукоидным покровом. Основная масса особей *L. obtusata* ассоциирована с толщей фукоидов, что вполне объяснимо, так как этот микробиотоп из трех анализируемых характеризуется

наибольшим «объемом». Однако, плотность *L. saxatilis* в толще и на грунте под макрофитами не различается. Кроме того, обнаружена положительная связь плотности поселения *L. obtusata* из толщи макрофитов и биомассы *F. vesiculosus*. Такой зависимости для *L. saxatilis* не показано. Таким образом, обнаружена пространственная подразделенность частей популяций двух видов. При этом для *L. obtusata* наиболее благоприятным микробиотопом во время отлива, очевидно, является толща фукусов; совместно обитающая часть популяции *L. saxatilis* в большей степени связана с грунтом под макрофитами. На поверхности фукоидов плотность моллюсков обоих видов литторин минимальна. Это, может быть связано с тем, что на поверхности моллюски подвергаются существенному воздействию факторов обсыхания и нагрева, а также, возможно, воздействию со стороны хищников во время отлива. Неравномерное распределение моллюсков по микробиотопам проявляется и в размерной структуре. На корге у Левин-наволока поверхность макрофитов характеризуется высокой долей более крупных особей обоих видов. На Большом Горелом в соответствующем микробиотопе плотность моллюсков существенно ниже и по размерно-возрастному составу они не отличаются от частей популяций из толщи макрофитов и грунта под ними. Такие различия могут быть связаны с высокой степенью зараженности популяций обоих видов на корге у Левин-наволока. Полученные данные показывают, что в зоне интерградации двух видов действительно имеется пространственная подразделенность видовых популяций литторин. Такое биотопическое разделение может отражать их пищевую специализацию. *L. obtusata* питаются непосредственно талломами макрофитов, в то время как *L. saxatilis* - бактериальной пленкой и водорослями-обрастателями. Отметим, что этот пищевой источник имеется также и на талломах макрофитов, что, очевидно, и определяет неполную пространственную обособленность видовых популяций.

**Католикова М.В., Лайус Д.Л., Стрелков П.П.** Морфологическая изменчивость мидий *Mytilus* морей Северной Европы

Мидия *Mytilus* – одна из массовых форм прибрежного бентоса бореальных морей обоих полушарий, широко распространенная благодаря своей эврибионтности. Вдоль побережий Северной Европы – Белого, Баренцева, Северного морей практически непрерывно встречаются поселения *Mytilus edulis*. Внутривидовая дифференциация популяций в пределах рассматриваемого региона изучена достаточно слабо. Одним из распространенных подходов к изучению популяционной структуры мидий является проведение сравнительного морфологического анализа. Целью нашего исследования является изучение морфологической изменчивости популяций мидий из Белого, Баренцева и Северного морей.

Было изучено 14 выборок из разных районов Белого (4), Баренцева (6) и Северного (4) морей. Выборки содержали по 40 особей, средняя длина особей в выборках варьировала от 26.4 до 54.5 см. В качестве морфологических

признаков мы использовали 15 промеров, описывающих форму и размер отпечатков мускулов на внутренней стороне раковины, 14 из них измерялись на обеих створках.

Для проведения межпопуляционных сравнений мы проводили факторный анализ средних значений признаков, полученных на основе измерений правой и левой створок раковины, кластерный анализ средневыборочных значений главных компонент и однофакторный дисперсионный анализ. Мидии из исследованных нами выборок достоверно различаются по форме отпечатков мускулов, при этом выборки из поселений, обитающих ближе друг к другу, характеризуются, в целом, большим морфологическим сходством. Четко выявляются три группы, одну из которых представляют мидии из Баренцева и прилежащих районов Белого моря (Воронки и Горла), другую – мидии из внутренних районов Белого моря, а третью – моллюски из Северного моря. Исключение составляет баренцевоморская выборка мидий из пролива Югорский Шар, которая демонстрирует минимальный уровень сходства со всеми остальными выборками. Это, скорее всего, объясняется особым характером роста и максимальным для всего материала возрастом моллюсков в этой выборке. Максимальные отличия между выборками связаны со значениями второй главной компоненты, на которую были велики нагрузки таких признаков, как длина зубной пластинки, длина заднего аддуктора и расстояние между дорсальным краем отпечатка переднего ретрактора и передним краем отпечатка заднего ретрактора. Вероятно, отличия между выборками обусловлены в наибольшей степени значениями именно этих признаков.

В ходе работы были выявлены достоверные (t-тест,  $p < 0.05$ ) отличия между значениями 10 из 14 признаков на правой и левой сторонах раковины: средневыборочные отношения значений признаков на левой створке к значениям признаков на правой створке в большинстве выборок систематически оказывались больше (или меньше) единицы. Эти данные свидетельствуют о наличии в исследованных выборках направленной асимметрии. При этом моллюски из Северного моря достоверно отличались от моллюсков из Белого и Баренцева морей по направлению асимметрии 5 признаков. Различия между выборками внутри каждого из двух регионов (бело-баренцевоморского и североморского) были недостоверны, что выявлено с помощью дисперсионного анализа значений главных компонент, полученных в результате факторного анализа отношений значений признаков слева и справа.

Таким образом, географический фактор играет важную роль во внутривидовой дифференциации мидий *Mytilus edulis* из морей Северной Европы. На основе наших данных можно выделить три группы: баренцевоморско-беломорскую, собственно беломорскую и североморскую. В нашей работе у мидий впервые обнаружена направленная асимметрия раковины. Интересно, что выборки из разных регионов отличаются по направлению асимметрии ряда признаков.

**Котенко О.Н., Шунатова Н.Н., Цитрин Е.Б.\*** Мышечная система трех различных морфотипов личинок морских мшанок (Bryozoa: Gymnolaemata): иммуноцитохимическое исследование

\*лаборатория электронной микроскопии, Институт Биологии Развития им. Кольцова

Существует несколько типов организации личинок у представителей морских голоротых мшанок (Bryozoa: Gymnolaemata). Среди них наиболее примитивной в эволюционном отношении принято считать личинку типа цифонаут. Ее рассматривают как анцестральный тип, лежащий в основе разнообразия личинок этой группы животных. Более продвинутыми в эволюционном отношении считают личинок коронатного типа, видоизмененных в связи с переходом к иному типу питания - лецитотрофии. Третий тип организации личинок - так называемые псевдоцифонауты. Они обладают большим сходством с цифонаутом, так как сохраняют раковину и редуцированный кишечник, полностью исчезающие у коронатных личинок. Однако физиологически они устроены иначе, поскольку не нуждаются во внешних источниках пищевых ресурсов. Мы исследовали мышечную систему личинок трех видов морских мшанок: цифонаута *Electra pilosa*, коронатной личинки *Callopora craticula* и псевдоцифонаута *Flustrellidra hispida*. Личинок *Callopora craticula* и *Flustrellidra hispida* получали от нерестящихся колоний в лабораторных условиях, сбор планктонных личинок *Electra pilosa* мы проводили стандартными гидробиологическими методами. Полученные личинки были зафиксированы 4% PFA на 0,1 М PBS, в качестве метки мышечного актина был использован phalloidin - TRITC. Особенности организации мышечной системы были исследованы с помощью конфокального микроскопа.

Мышечная система изученных нами типов личинок имеет четко выраженную билатеральную симметрию. У всех трех типов были найдены мышечные элементы, ассоциированные с клетками короны - локомоторного органа, которые обеспечивают втягивание короны под раковину у цифонаута и псевдоцифонаута. Вероятно, они также принимают участие в начальных этапах метаморфоза, отвечая за инволюцию локомоторных структур. У всех личинок присутствует мышечный тяж, простирающийся сагиттально от апикального органа в составе нервно-мышечного тяжа. Аналогичный нервно-мышечный тяж имеется у многих личинок трохофорного типа, что мы считаем не более чем конвергентным сходством. Все личинки морских голоротых мшанок имеют грушевидный орган, который не встречается у других личинок беспозвоночных. С этой структурой также связаны определенные группы мышц, отвечающие у цифонаутных и псевдоцифонаутных личинок за частичное выдвижение его из раковины, а у коронатных личинок - за выдвижение тафта ресничек грушевидного органа.

Мышечная система цифонаута и псевдоцифонаута имеет много общих черт в строении, и в то же время достаточно сильно отличается от мышечной системы коронатной личинки. Главным образом это связано с наличием у личинок первых двух типов раковины, створки которой подвижны, и

своеобразной формой тела, сжатого с боков. В отличие от цифонаута, у псевдоцифонаута не удалось найти аддуктор раковины, однако у последнего вдоль каждой створки раковины идут веерообразно расходящиеся мышечные тяжи. Места их прикрепления позволяют сделать предположение об их участии в раздвижении створок раковины, а также в выворачивании адгезивного органа в процессе оседания.

У коронатных личинок утрачены группы мышц, связанные с раковиной. Общий план расположения основных мышечных тяжей коронатной личинки соответствует таковому у лецитотрофных трохофор полихет. По-видимому, это сходство следует считать конвергентным, возникшим в результате сходного образа жизни.

Мы предполагаем, что в связи с переходом к лецитотрофии наряду с исчезновением раковины и кишечника, эволюционным изменениям подверглась и мышечная система, в частности, должны были исчезнуть те группы мышц, которые были ассоциированы с этими органами.

**Кранивин В.А.** Распределение поселений двустворчатого моллюска *Arctica islandica* (L) с различной зараженностью немертиной *Malacobdella grossa* (O. F. Muller) в районе Керетского архипелага губы Чупа Кандалакшского залива Белого моря

Немертина *Malacobdella grossa* обитает в мантийной полости 23 видов двустворчатых и 1 вида брюхоногих моллюсков (Буруковский, 1959, Gibson, 1967, 1968; Ropes, 1966; Jones, 1979, Kozloff, 1990). Известно, что в Белом море эта немертина встречается у представителей лишь трех видов: *Mya arenaria*, *Mya truncata* и *Arctica islandica* (Буруковский, 1959). Нами изучено распространение *M. grossa* в различных поселениях *Arctica islandica* в районе Керетского архипелага губы Чупа Кандалакшского залива Белого моря.

Моллюски собирались при помощи шлюпочной драги на глубине от 5 до 12 метров. Всего было собрано 58 драгировок, из которых мы извлекли 368 моллюсков, 48 из них оказались заражены *M. grossa*.

Всего было обследовано пять поселений, причем во всех встречались моллюски с червем в мантийной полости. Зараженность немертиной в разных поселениях варьирует (табл. 1).

Наибольшая зараженность наблюдалась в поселении сравнительно крупных моллюсков у побережья о. Кереть. В соседнем поселении у юго-восточного побережья о. Матренин моллюски значительно мельче и отмечена наименьшая зараженность.

Вообще, прослеживается некоторая положительная зависимость между средним размером моллюсков в поселении и долей зараженных особей в нем. По всей видимости, она связана тем, что зараженные моллюски вообще чаще встречаются среди крупных особей (табл. 2). Причем, эта закономерность также упоминается в литературе, посвященной *M. grossa* в *Mya arenaria* (Буруковский, 1959).

Таблица 1. Зараженность *A. islandica* немертиной *M. grossa* в разных поселениях.

Поселение		Год	Общее кол-во	Средняя длина раковины (мм)	Кол-во зараженных	Доля (%) зараженных
1	губа Лебяжья	2001	68	29,0 $\pm$ 1,1	11	16,2 $\pm$ 2,4
		2002	75	32,2 $\pm$ 1,0	7	9,3 $\pm$ 1,9
		2003	71	27,5 $\pm$ 1,5	10	14,1 $\pm$ 2,3
		2004	42	24,8 $\pm$ 0,1	3	7,1 $\pm$ 1,9
2	сев.-зап. побережье о. Матренин	2003	24	21,7 $\pm$ 1,6	3	12,5 $\pm$ 2,4
		2004	1	7,4	0	0
3	пролив Подпахта	2003	9	21,9 $\pm$ 2,8	1	11,1
		2004	2	11,8 $\pm$ 5,8	0	0
4	юго-вост. побережье о. Матренин	2004	18	19,9 $\pm$ 2,2	1	5,6
5	сев.-зап. побережье о. Кереть	2004	58	28,5 $\pm$ 1,3	12	20,7 $\pm$ 2,7

Таблица 2. Зараженность *A. islandica* немертиной *M. grossa* в разных размерных группах (использованы материалы А. Михайлуца, полученные в 2003 году в районе Керетского архипелага – 212 экземпляров *A. islandica*, из которых 86 зараженных).

Длина раковины <i>A. Islandica</i> (мм)	Доля зараженных моллюсков (%)
5-10	0
10-15	0
15-20	5,1 $\pm$ 3,5
20-25	4,1 $\pm$ 2,8
25-30	16,9 $\pm$ 4,4
30-35	36,5 $\pm$ 3,7
35-40	41,5 $\pm$ 4,3
40-45	29,0 $\pm$ 8,2

По крайней мере, три из обнаруженных пяти поселений отделены от остальных препятствиями, непреодолимыми для крупных *A. islandica*, однако во всех пяти присутствовали зараженные особи. Такая картина могла возникнуть вследствие двух причин. Во-первых, можно предположить, что планктонные личинки *M. grossa*, проникающие в мантийную полость хозяина (Gibson, 1968; Jones, 1979), способны преодолевать естественные границы поселений моллюсков и проникать в особи из соседних поселений. Во-вторых, в прошлом эти пять поселений могли быть одним крупным, и то, что мы наблюдаем сейчас в районе Керетского архипелага – это его остатки.

**Маньлов О.Г.** Иммунореактивность к RF-амиду в нервной системе брюхооресничных червей (*Gastrotricha*)

Центр технического сопровождения образовательных программ СПбГУ

Методом флуоресцентной микроскопии тотальных препаратов изучено распределение иммунореактивности к RF-амиду в нервной системе

брюхоресничных червей (Gastrotricha). Всего исследовано 15 видов, выбранных таким образом, чтобы охватить все крупные филогенетические ветви гастротрих (6 семейств, 3 подотряда и оба отряда). Все виды собраны в окрестностях МБС СПбГУ.

Иммунореактивность к RF-амиду (ИР) у всех изученных видов выявлена в симметричных группах нейронов, занимающих антеролатеральные доли головного ганглия. Число и взаимное расположение тел нейронов стабильно на уровне семейств. RF-позитивные нейроны посылают отростки в надглоточную комиссуру и в главные вентролатеральные нервные стволы. ИР выявляется по всей длине главных стволов вплоть до анальной комиссуры. У представителей семейств Turbanellidae и Thaumastodermatidae RF-позитивные клетки имеются и в туловищной области, однако их отростки не входят в вентролатеральные стволы, а иннервируют брюшные ресничные ленты. Число этих дополнительных клеток не зависит от длины тела и, по-видимому, видоспецифично. В составе глотки RF-позитивные структуры обнаружены только у примитивных представителей обоих отрядов.

Явное сходство в топографии ИР у всех изученных видов подтверждает монофилию Gastrotricha в целом. В то же время анализ строения RF-позитивной части нервной системы не позволяет уверенно судить о филогенетических отношениях между отдельными семействами брюхоресничных червей.

**Назарова С.А., Полоскин А.В.** О флуктуациях численности *Macoma balthica* L. в популяциях кутовой части Кандалакшского залива (Белое море)

С 1992 года в ходе экспедиций Группы исследований прибрежных сообществ Лаборатории экологии морского бентоса (гидробиологии) Санкт-Петербургского городского дворца творчества юных проводятся мониторинговые исследования в акватории Кандалакшского государственного заповедника в районе Лувеньгских шхер. По результатам этих исследований были описаны особенности структуры поселений и сообществ *Macoma balthica* L. (Полоскин, 1998; Назарова, 2003). Важно, что при этом удалось получить долговременные ряды наблюдений. Цель данной работы - выявление многолетних ритмов в динамике развития поселений *M. balthica*.

Материал собран в августе 1992 - 2003 гг. Изучено три литоральных поселения маком: в Иистой губе острова Горелого (участок 1), в эстуарии реки Лувеньги (участок 2) и на материковой литорали к югу от поселка Лувеньга (участок 3). Сборы проведены пробоотборником площадью захвата 1/30 м<sup>2</sup>. Разовая выборка составляла от 9 до 25 проб с участка. Грунт выбирался до глубины 5 см и промывался на сите с диаметром ячеек 0.5мм. Всех особей *M. balthica* измеряли с точностью 0.1 мм. В каждый момент наблюдений определяли размерную структуру и плотность поселения маком.

Плотность поселения маком на участках изменялась в широких пределах (табл. 1). При этом на всех участках максимальные значения плотности поселения моллюсков отмечены в 1998 году.

Однако уже через год было отмечено уменьшение плотности поселения моллюсков на порядок. Во всех случаях резкие всплески численности маком сопровождались массовым появлением в поселении моллюсков длиной менее 1 мм, а сильные уменьшения к следующему году – значительным элиминированием особей данного размера.

Таблица 1. Плотность поселений (экз./м<sup>2</sup>) *M. balthica* на участках в отдельные даты наблюдений (в скобках указана точность учета, %; прочерк - отсутствие данных; М – участок).

М	год наблюдений										
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	<b>1998</b>	2000	2001	2002	2003
1	206 (18)	667 (20)	1193 (25)	925 (33)	678 (41)	338 (30)	<b>23233</b> <b>(39)</b>	3293 (41)	2510 (25)	1753 (29)	3155 (19)
2	55 (81)	203 (47)	813 (18)	450 (5)	337 (7)	217 (6)	<b>9200</b> <b>(40)</b>	1923 (4)	2613 (6)	1947 (12)	2297 (18)
3	204 (36)	378 (12)	722 (13)	885 (10)	758 (11)	801 (12)	<b>10024</b> <b>(20)</b>	2498 (11)	-	2255 (19)	-

До 1997 года на участках 1 и 3 в пробах доминировали два размерных класса: особи длиной до 3 - 4 мм и 8 - 13 мм. В выборках, полученных на участке 2, макомы распределялись по размерам практически равномерно. Следует отметить, что в 1997 г. такой характер распределения моллюсков был отмечен во всех поселениях. В 1998 году было отмечено практически полное исчезновение крупных особей, и наблюдалось массовое оседание молоди. В результате в пробах преобладали особи длиной менее 1 мм. В дальнейшем можно было наблюдать смещение модального класса по оси размеров при сохранении одного доминирующего класса. В 2002 году кроме моллюсков генерации 1997 г. (особи длиной 5 - 9 мм) появился второй модальный класс – особи длиной 1 - 3 мм, то есть вновь выделялось два доминирующих класса.

Если принять, что отсутствие в пробах сеголетков связано с особенностями формирования спата и выживания молоди в изученных местообитаниях, следует признать, что за 12 лет наблюдений нам удалось отметить только одно значительное пополнение поселений. Причем на всех участках это событие произошло в 1998 году за счет особей генерации 1997 года. Учитывая синхронность массового пополнения в динамике изученных поселений маком, можно предположить, что это явление имеет более широкий (популяционный) масштаб.

В заключение мы хотим поблагодарить администрацию Кандалакшского государственного заповедника за возможность работы на заповедной территории, всех участников экспедиций, проводивших полевые сборы материала. Мы благодарны Дмитрию Вильнеру и Евгению Абрамову за компьютерную обработку материалов 1992 – 1995 годов, и Н.В.Максимовичу за неоценимую помощь при работе над текстом.

**Николаева Д.М., Фокин М.В.\*, Гранович А.И.** Влияние микрофаллид группы «*pygmaeus*» на генотипическую структуру популяции хозяев – моллюсков *Littorina saxatilis* и *L.obtusata*.

\* Зоологический институт РАН

Заражение паразитами часто приводит к снижению плодовитости хозяина вплоть до полной паразитарной кастрации. Таким образом, при высокой экстенсивности инвазии паразиты выступают как фактор интенсивного отбора, а эффективная численность популяции хозяина может быть существенно снижена. Это может выражаться в изменении генотипической структуры популяции хозяина. Для оценки возможного воздействия паразитов на генотипическую структуру популяций хозяев выбрана модель – литоральные моллюски *L.saxatilis* и *L.obtusata* и паразитирующие в них партениты трематод *Microphallus pygmaeus* и *M.piriformis*. Моллюски характеризуются генетически замкнутыми (без стадии планктонной личинки) популяциями с высокой плотностью поселения. Указанные виды трематод вызывают полную паразитарную кастрацию зараженных особей хозяев; экстенсивность инвазии достигает в некоторых популяциях литторин более 50%. Таким образом, воздействие паразитов можно оценить как чрезвычайно сильное.

Материал собран в июле 2003 года в губе Чупа Кандалакшского залива Белого моря. Выбрана пара соседних точек сбора, находящихся в сходных условиях на каменистой литорали. Зараженность литторин трематодами в одной из них (корга у Левин-наволока) в 1982-2003 году составляла 20-60%. Соседняя точка (отделена от первой проливом в 50м) характеризуется незначительной (менее 5%) экстенсивностью инвазии. В каждой точке собрано по 30 незараженных моллюсков обоих видов. Кроме того, собраны 30 зараженных моллюсков обоих видов хозяев из высокозараженной точки. Собранные моллюски зафиксированы в 70% этаноле. При лабораторной обработке проведено выделение ДНК методом СТАВ и использован микросателлитный анализ по локусам sub 32 и sub 8 для обоих видов. Математическая обработка проведена с использованием программы Arlequin Ver. 2.000. Для каждого локуса по обоим видам хозяев подсчитан коэффициент сходства FST между моллюсками из обеих популяций.

Между тестируемыми популяциями *L.obtusata* получены статистически значимые различия частот по локусу sub 32. Во всех остальных случаях (сравнение популяций *L.saxatilis* по обоим локусам и *L.obtusata* по локусу sub 8) достоверных отличий не выявлено. Внутрипопуляционный анализ показал наличие дефицита гетерозигот по локусу sub 8 для обоих видов в обеих популяциях. Для *L.obtusata* также выявлен дефицит гетерозигот по локусу sub32 в высокозараженной популяции. Предварительное сравнение выборок зараженных и незараженных моллюсков из точки с высокой экстенсивностью инвазии (15 зараженных и 15 незараженных моллюсков каждого вида) свидетельствует об отсутствии различий по частотам аллелей в «здоровой» и «зараженной» частях популяций *L.saxatilis* и *L.obtusata*.

Таким образом, лишь данные по одному из видов хозяев и по одному из тестируемых локусов могут свидетельствовать о генетической дифференцировке тестируемых популяций в условиях контрастного воздействия фактора зараженности. Дефицит гетерозигот, который может отражать воздействие на популяцию неблагоприятных факторов, в данном случае свойственен также и популяциям, находящимся в условиях низкой зараженности. Причиной этого, таким образом, либо является некий неучтенный нами экологический фактор, действующий в обеих точках, либо особенности структуры популяций моллюсков. Еще одна возможная причина низкой частоты гетерозигот во всех популяциях - существование «ноль аллелей». В этом случае по данному локусу продукт репликации либо очень слабый, либо вообще отсутствует. Учитывая масштабность воздействия «фактора зараженности», необходим дальнейший анализ имеющихся у нас данных по большему количеству локусов и использование информации о более широком спектре популяций хозяев.

**Николаева М.А., Яковис Е.Л., Фокин М.В.\*, Шунатова Н.Н., Гришанков А.В.** Зависимость роста *Balanus crenatus* Bruguiere от присутствия асцидий-эпibiонтов подтверждает гипотезу о конкуренции

\*ББС ЗИН РАН

Конкурентные взаимоотношения между ключевыми видами в сообществах часто оказываются причиной аутогенных сукцессий (Underwood, 2000). Такие сукцессии хорошо изучены в наземных и довольно слабо - в морских бентосных экосистемах. Последнее обстоятельство и послужило причиной появления нашего исследования.

В районе Соловецкого архипелага (Онежский залив, Белое море) на глубине 10-15 м на ровных участках дна, сложенного мягкими грунтами, обитают двустворки *Serripes groenlandicus*. После гибели моллюсков на створках их раковин формируются плотные агрегации (друзы) усоногих *Balanus crenatus* и нескольких видов одиночных асцидий, оказывающие структурирующее воздействие на весь макробентос биотопа (Артемьева и др., 2004, Yakovis et al., 2004). В первые 2-3 года на первичном субстрате доминируют усонogie. Позднее, на 4-5 год существования агрегаций, в них вселяются асцидии, прикрепляясь, в основном, к домикам баянусов. Соотношение между демографическими показателями асцидий и баянусов косвенно указывает на существование конкурентных взаимоотношений между этими животными (Яковис, 2002). Для проверки гипотезы о характере взаимоотношений асцидий и баянусов было проведено исследование особенностей роста усоногих из этих друз. Мы предполагали, что в случае отсутствия конкуренции величины прироста одновозрастных рачков не будут значительно различаться в двух случаях: 1) у баянусов, на поверхности домиков которых есть асцидии массой более 50 мг, и менее обросших; 2) у баянусов, существующих в друзах с доминированием асцидий, и в агрегациях, где по

биомассе преобладают усоногие.

В июле 2004 г. агрегации асцидий и баянусов собирали в двух точках Соловецкого залива, удаленных друг от друга на два километра. Исследовали друзы с максимально контрастной структурой: явным преобладанием или баянусов, или асцидий. Для каждого баянуса были получены морфометрические показатели и данные о биомассе соседствующих с ним рачков и биомассе асцидий-эпибионтов. Соседствующими считали таких баянусов, основания домиков которых соприкасались. Также считали соседями живых баянусов, если те являлись как субстратом другого рачка, так и эпибионтом. Возраст баянусов определяли по кольцам зимней остановки роста на внешней поверхности табличек домика (Кузнецов, Матвеева, 1949, Кузнецов, 1966, Crisp, 1954).

Доля прироста *Balanus crenatus* за последние три года оказывается ниже в относительно старых друзах, а также в таких, где по биомассе преобладают асцидии. Сравнение среднего прироста баянусов одного возраста при помощи t-критерия показало, что 5-8-летние рачки, на которых были обнаружены асцидии суммарной биомассой больше 50 мг, в последние 2-3 года росли хуже, чем те усоногие, на которых было меньше асцидий. Присутствие крупных асцидий сказывается в основном на характере изменения линейных размеров усоногих, характер изменения биомассы баянусов практически не меняется.

Различия в характере роста баянусов в зависимости от биомассы асцидий наблюдаются не только на уровне отдельных особей, но и на уровне целых агрегаций. В друзах, где асцидии по биомассе преобладают над баянусами, у 5-8-летних усоногих в последние 2-3 года средняя величина прироста, и, вследствие этого, доля прироста последних 3-х лет в подавляющем большинстве случаев значимо меньше, чем у рачков из друз, где они доминируют. Показательно, что 5-6 лет назад первые могли даже обгонять в росте своих сородичей того же возраста из друз без асцидий. Таким образом, различия в размере приростов могут быть связаны не только с индивидуальными особенностями баянусов, но и с характером их окружения.

Полученные данные свидетельствуют в пользу гипотезы о существовании конкурентных взаимоотношений между асцидиями и усоногими *Balanus crenatus*. Негативное влияние асцидий на рост баянусов проявляется как на индивидуальном уровне, так и в масштабах отдельно взятых агрегаций.

**Петрова Ю.А.\*, Михайлова Н.А.\*, Гранович А.И.** Морфологические особенности и изменчивость копулятивного аппарата самцов беломорских моллюсков *Littorina saxatilis* (Olivi)

\* Институт цитологии РАН

В природе нередки случаи практически полной морфологической идентичности двух видов, которые, тем не менее, уже претерпели репродуктивную изоляцию. Род морских гастропод *Littorina* содержит в себе несколько таких видов-двойников, при этом морфологически наиболее близки

*L.saxatilis* и *L.arcana*, совместно обитающие на побережье Баренцева моря. Самки этих видов различаются строением желез паллиальной части яйцевода. Однако диагностических признаков для самцов до сих пор не найдено, несмотря на то, что самцы всех остальных видов рода имеют четкие различия в строении копулятивного аппарата. Поиск этих признаков для указанной пары видов затрудняется тем, что на Баренцевом море они формируют смешанные поселения. В связи с этим предпринят анализ морфологических особенностей и изменчивости копулятивного аппарата самцов *L.saxatilis* из беломорских популяций. Поскольку *L.arcana* на побережье Белого моря отсутствует, полученные данные, без сомнения, относятся к характеристике *L.saxatilis* и могут быть использованы впоследствии для поиска видоспецифичных признаков.

В августе 2004 года выполнены сборы в пяти популяциях *L.saxatilis* губы Чупа Белого моря (о. Кереть, Левин-наволок, Коровья варакка, о. Двинская Луда и о. Малый Горелый). Количество проанализированных самцов в каждой точке варьировало от 32 до 57 особей, общее их количество составило 215. Для каждого моллюска определен возраст, высота и ширина раковины. После вскрытия измерены длина и ширина копулятивного органа, подсчитано количество пениальных желез (учитывалось также их расположение), длина ряда пениальных желез. Для моллюсков из популяции о.Кереть определен также средний размер пениальной железы. Неполовозрелые особи и моллюски, зараженные трематодами, из анализа исключены.

Статистическая обработка полученных данных показала, что среднее количество пениальных желез колеблется от 3 до 16, причем расположение желез в подавляющем большинстве случаев (98.6% случаев) однорядное, регулярное. Количество пениальных желез у самцов из разных популяций существенно различается ( $F(4, 154)=14.603$ ;  $p<0.001$ ). При этом в большинстве популяций отсутствует связь количества желез с возрастом (размером) моллюска. Коэффициенты корреляции в разных популяциях - 0.01-0.08; данные дисперсионного анализа:  $F(3, 155)=1.657$ ;  $p=0.179$ . Это позволяет сделать вывод о закладке полного количества желез уже в возрасте 1-2 лет. Размер пениальных желез также остается относительно постоянным независимо от роста моллюска. При этом размеры всего копулятивного органа существенно связаны с возрастом (размером) моллюска положительной корреляцией ( $p<0.001$ ). Таким образом, данные свидетельствуют об относительном изменении размерных пропорций копулятивного органа и желез с возрастом. С ростом моллюска, в возрасте 1-2 года, у самцов происходит закладка полного количества пениальных желез и, к моменту достижения половой зрелости (возраст моллюска 2-3 года), эти железы достигают своего дефинитивного размера. Продолжение роста моллюска с возрастом сопровождается увеличением линейных размеров копулятивного органа, но не количества и величины пениальных желез.

**Раилкин А.И., Усов Н.В., Чикадзе С.З.** Оседание, пополнение и рост гидроидных полипов в разных гидродинамических условиях

Влияние скорости течения на оседание и пополнение, а также влияние турбулентности на рост гидроидов недостаточно изучены. Исследование этих вопросов в морских условиях весьма затруднительно методически. Типичные литоральные гидроиды Кандалакшского залива Белого моря *Gonothyraea loveni* и *Dynamena pumila* обитают в условиях повышенного водообмена, в сильно турбулированной среде. Логично предположить, что скорость течения и турбулентность должны оказывать существенное влияние на процессы их оседания и роста.

Оседание и пополнение изучали в летне-осеннее время в течение 2001-2002 гг. в проливе Оборина салма (Керетский архипелаг) на двух участках, которые различались скоростью течения и турбулентностью, но имели фактически одинаковые термохалинные характеристики. В исследованиях использовали подводные стенды, гидрофлюгеры и экспериментальные пластины, на которые оседали гидроиды. Рост изучали по методу Н.Н.Марфенина (1993), приращивая в лаборатории короткие отрезки колоний гидроидов к экспериментальным пластинам и в дальнейшем экспонируя их на подводных стендах: в опытах с *G. loveni* в б. Круглая (губа Чупа), в опытах с *D. pumila* у о. Луда Песочная (Керетский архипелаг). Продолжительность опытов по росту составляла около 1 месяца.

Было установлено, что оседание и пополнение гидроидов, представленных в районе исследования в основном *G. loveni* и *Obelia longissima*, было интенсивнее в более турбулированной среде при большей скорости течения (на стенде № 4). В результате в 2001 г. гидроиды практически не заселяли экспериментальные пластины на стенде № 3, где скорость и турбулированность течения были ниже. В то же время на стенде № 4 их плотность составляла на вертикальных пластинах, верхней и нижней сторонах соответственно около 1000, 80 и 300 колоний/м<sup>2</sup>. Сходное распределение на пластинах разной ориентации сохранилось и через 1 год. В 2002 г. оседание и пополнение гидроидов также было более выраженным на стенде № 4, причем на вертикальных пластинах их плотность составила около 40000 колоний/м<sup>2</sup>, тогда как на стенде № 3 в 8 раз меньше.

В опытах с гидродинамическими решетками, усиливающими или сглаживающими турбулентные пульсации, *G. loveni* и *D. pumila* росли значительно быстрее в условиях повышенной турбулентности. Так, относительный прирост суммарной длины колонии *G. loveni* составил 140 % в опытах с ламинаризирующими решетками, 1970 % в опытах с турбулизирующими решетками и 670 % в контроле (без решеток).

Полученные результаты можно объяснить особенностями экологии изученных гидроидов, живущих в условиях гидродинамически активной среды.

Движение воды, наряду с температурой, соленостью и освещенностью, является одним из ведущих абиотических факторов в морской среде. Исследования, выполненные по гранту РФФИ «Взаимодействие эпибентосных сообществ с водными массами Белого моря» в 2001-2003 гг. на базе МБС и БиНИИ СПбГУ позволили установить следующее.

Крупные бентосные организмы, образующие большие скопления на плотных субстратах, такие как мидиевые банки, усиливают турбулизацию обтекающего их потока. Турбулентные возмущения среды распространяются по вертикали далеко за пределы населяемого моллюсками придонного слоя. Скопления небольших по размерам организмов, растущих вдоль поверхности (известковые красные водоросли, губки) почти не возмущают обтекающий их поток, во всяком случае существенно не изменяют его турбулентные и скоростные характеристики. Заросли сублиторальных пластинчатых водорослей, таких как ламинарии, а также отдельно стоящие ламинарии, сглаживают горизонтальные и вертикальные турбулентные пульсации потока. Их ламинаризирующее влияние сказывается за пределами населяемого ими придонного слоя.

Оседание бентосных организмов и пополнение ими сообществ зависит от характеристик течения (скорости и турбулентности) в биотопе, в который они оседают. Опыты с гидродинамическими турбулизирующими и ламинаризирующими решетками позволили установить, что одни организмы (моллюски *Mytilus edulis*, *Hyatella arctica*) лучше оседают в сильно турбулизированной среде, другие (полихеты *Spirorbis spp.*, *Circeis spirillum*, мшанка *Electra pilosa*) в более ламинаризированной среде, третьи (красная водоросль *Ceramium rubrum*, моллюск *Heteronomia squamula*) в условиях естественной турбулизации потока.

Рост бентосных организмов, также как оседание и пополнение ими сообществ, существенно зависит от характеристик течения (скорости и турбулентности). Опыты с гидродинамическими решетками показали, что гидроидные полипы (*Gonothyrea loveni* и *Dynamena pumila*) лучше растут в условиях повышенной турбулизации обтекающего их потока, тогда как бурая водоросль *Fucus vesiculosus* (см. настоящий сборник) – при естественной турбулентности.

Анализ полученных и литературных данных позволяет сформулировать следующую гипотезу. Бентосные сообщества в соответствии с доминирующими в них организмами могут изменять физическую (гидродинамическую) среду вокруг себя, влияя на оседание личинок, пополнение сообществ и рост бентосных организмов. Характер этого влияния в разных типах сообществ не одинаков и определяется в основном видами-доминантами. Бентосные сообщества оптимизируют физическую среду вокруг себя, стимулируя оседание и рост вполне определенных видов. Это, наряду с оптимизацией бентосными сообществами химических условий для оседания и

роста организмов, определяет видовую и численную структуру формирующихся и развивающихся сообществ бентоса.

**Слюсарев Г.С., Манылов О.Г.\*** Строение мышечной системы у *Loxosomella marisalbi* (Entoprocta: Solitaires)

\*Центр технического сопровождения образовательных программ СПбГУ

Строение мышечной системы одиночного внутриворончатого *Loxosomella marisalbi* было изучено методом цитохимического выявления F-актина с использованием конфокальной микроскопии. Мышечная система *L. marisalbi* состоит из четырех самостоятельных групп мышц: продольных и спиральных мышц стебелька и чашечки, кольцевых мышц лофофора, мышц щупалец и мышц пищеварительной системы. Продольные мышцы стебелька представлены фронтальными и абфронтальными мышцами, которые начинаются на подошве зооида и веерообразно расходятся в стенке чашечки.

Спиральные мышцы расположены над продольными и состоят из двух симметричных групп: одна лево-, другая - правозакрученная. Каждая группа насчитывает по 5 мышц. Каждая спиральная мышца совершает приблизительно полтора оборота вокруг стебелька. Спиральные мышцы начинаются, как и продольные, на подошве и заканчиваются на границе стебелька и чашечки.

Кольцевые мышцы лофофора состоят из пяти полностью кольцевых тяжей и трех полукольцевых тяжей, разомкнутых на абфронтальной стороне тела. С кольцевыми мышцами связаны две короткие мышцы, идущие на абфронтальной стороне тела от кольцевых мышц в глубь чашечки. Эти мышцы заканчиваются на уровне абфронтальной складки тела.

Мускулатура пищеварительной системы включает в себя мышцы глотки, мышцы кишки и анальный сфинктер. Мышцы глотки насчитывают 8 полукольцевых волокон, разомкнутых с фронтальной стороны тела. На протяжении кишки имеются две кольцевые мышцы, одна из которых лежит на границе желудка и задней кишки, а другая расположена в средней части задней кишки. Анальное отверстие окружено тремя небольшими тесно расположенными кольцами, образующими анальный сфинктер.

Мускулатура щупальца образована четырьмя продольными мышцами, идущими по фронтальной стороне. Латеральные мышечные пучки не соединяются на конце щупальца, а центральные соединяются.

План строения мышечной системы внутриворончатых принципиально отличается от такового мшанок, что позволяет говорить об отсутствии филогенетических связей между этими группами.

**Старунов В.В., Тихомиров И.А.** Судьба второго и третьего ларвальных сегментов в онтогенезе полихеты *Nereis virens* Sars

Изучение развития беломорской полихеты *Nereis virens* Sars проводится уже много лет. Одним из актуальных направлений является изучение процессов метаморфоза личинки во взрослого червя.

Интерес к этому процессу не случаен, поскольку его трактуют по-разному и пока ещё нет единой точки зрения. Одни авторы утверждают, что все три ларвальных сегмента дают начало перистомииуму взрослого червя (Беклемишев, 1964 и т.д.), другие (Свешников 1964, 1966, 1978; Сотникова, 2002 и пр.) имеют отличную точку зрения, но описывают процесс недостаточно полно, чтобы представить подробную картину. При детальном изучении судьбы ларвальных сегментов Е.В.Сотниковой (2002) было показано, что в состав перистомииума входит только один, первый личиночный сегмент, а остальные (второй и третий) в этом процессе не участвуют. К сожалению, подробности, связанные с развитием последних, не были изучены.

В ходе исследования было обнаружено, что параподии второго и третьего ларвальных сегментов также как и первого, формируются ещё у метатрохофоры и изначально имеют строение, подобное параподиям постларвальных сегментов. От параподии первого ларвального сегмента при образовании перистомииума остается лишь две пары усов, превращающихся в перистомиальные усики. Метаморфоз параподий второго и третьего личиночного сегмента протекает по-другому, и имеют примерно одинаковую судьбу.

Во-первых, они сохраняются у взрослых червей и становятся параподиями первого и второго щетинконосных сегментов. Во-вторых, параподии не претерпевают столь глубокий метаморфоз, как на первом сегменте, но отличаются по своему строению от параподий последующих сегментов тела. В отличие от них обнаруживается редукция нотоподии, этот отдел превращается в лопастевидный отросток без ацикулы и щетинок. Невроподии этих сегментов имеют строение более или менее сходное с невроподиями постларвальных сегментов.

Таким образом, при исследовании судьбы ларвальных сегментов *Nereis virens* Sars видно, что их судьбы не одинаковы. Все личиночные сегменты и их параподии проходят метаморфоз, но глубина этого процесса выражена у них в разной степени.

**Хайтов В.М.\*, Алексеева Л.А.\*\*** О связи многолетних изменений размерной структуры поселения мидий и изменений биомассы нитчатых водорослей

\*Лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии) ГОУ СПбГДТЮ

\*\*Кандалкшский государственный природный заповедник

Модель многолетней динамики размерно-возрастной структуры мидиевых банок, описанная в литературе, предсказывает циклический характер

изменений (Луканин, Наумов, Федяков, 1986). В плотных поселениях мидий должны наблюдаться периоды массового отмирания старых моллюсков, после которых наблюдаются периоды интенсивного притока молоди. В основе механизмов таких изменений в модели заложены негативные воздействия старых моллюсков на оседающих личинок. В ходе многолетних наблюдений за несколькими мидиевыми банками, расположенными в Кандалакшском заливе Белого моря, были получены данные, позволяющие дополнить описанную модель.

Материалом для работы послужили количественные сборы на четырех мидиевых банках (расположенных на территории Кандалакшского природного заповедника) летом (август) 1997-2004 гг. Ежегодно на каждой банке бралось по 6 проб. В каждой пробе были измерены все живые мидии, что дало информацию для оценки размерной структуры поселения мидий. Помимо этого был учтен еще один параметр - это биомасса нитчатых водорослей (преимущественно представителей рода *Cladophora* и *Enteromorpha*). Все изученные параметры для каждой мидиевой банки в каждый год усреднялись. Таким образом, было получено 32 описания размерной структуры банок и биомассы водорослей.

На каждой банке были отмечены периоды отмирания старых моллюсков и периоды массового заселения банок молодью мидий. Это хорошо согласуется с предсказанием на основе модели Луканина-Наумова-Федякова. Однако помимо циклического изменения размерной структуры поселения мидий были отмечены также и циклические изменения биомассы нитчатых водорослей (табл. 1).

Таблица 1. Средняя биомасса (г/кв. м) нитчатых водорослей на разных мидиевых банках в разные годы.

Год	банка № 1	Банка №2	банка № 3	Банка № 4
1997	52	27	0	0
1998	9	218	33	94
1999	46	399	17	82
2000	259	401	2	743
2001	609	331	0	318
2002	1442	90	616	679
2003	571	0	941	146
2004	1089	1012	64	204

С помощью метода многомерного шкалирования (MDS) все описания мидиевых банок были ранжированы в соответствии с размерной структурой поселения мидий в разные годы. Крайние точки полученного градиента занимали мидиевые банки, полностью лишенные молоди, и банки, полностью лишенные старых моллюсков. Среднюю часть градиента занимали описания, для которых характерно двувёршинное размерно-частотное распределение, то есть в поселении присутствовали как старые мидии, так и молодь. Рассмотрение биомасс нитчатых водорослей в полученном градиенте описаний

позволило заметить, что максимальные биомассы нитчаток приходится на среднюю часть градиента. Иными словами, наибольшее обилие водорослей приходится на те банки, в которых представлены, как взрослые мидии, так и молодь. Меньше всего водорослей на банках, сформированных только старыми моллюсками и на банках, где представлена только молодь.

Полученные данные позволяют несколько изменить модель многолетней динамики размерной структуры мидиевых банок. Вероятно, что на банках, сформированных старыми моллюсками, накапливаются вещества (предположительно, дающие нитрат-ионы), стимулирующие рост нитчатых водорослей. Последние, разрастаясь, представляют субстрат для оседания молоди. Однако низкое содержание кислорода под слоем нитчаток приводит к гибели старых моллюсков, и на банке остаются только молодые особи. После этого обилие нитчатых водорослей падает.

**Хайтов В.М.\*, Теровская Е.В.\*\*** О возможности использования морфометрических параметров тела для видовой идентификации самок равноногих раков рода *Jaera*

\*Лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии) ГОУ СПбГДТЮ

\*\*Кандалакшский государственный природный заповедник

Представленный в северной Атлантике так называемый комплекс «*Jaera albifrons*» включает несколько видов, таксономические признаки которых выражены только у самцов. Самки же разных видов, по устоявшемуся в литературе мнению, не имеют выраженных морфологических отличий. Вместе с тем, в предыдущих исследованиях было показано, что в акваториях, где встречаются самцы *J. albifrons* и *J. ischiosetosa*, среди самок выделяется две совокупности различающихся по морфометрическим параметрам тела. Наибольшие отличия между самками двух групп были выявлены при анализе признака, названного длиной копуляторной зоны. Под копуляторной зоной самки понимается группа сегментов, с которыми контактирует самец во время копуляции. Эта зона расположена между задним концом плеотельсона самки и границей между четвертым и пятым торакальными сегментами, где располагаются отверстия дорзальных влагилиц. Ранее была высказана гипотеза, что упомянутые две совокупности самок соответствуют двум видам. В данном исследовании эта гипотеза была проверена путем анализа морфометрических параметров самок, выбранных в качестве партнеров для спаривания разными видами самцов в экспериментальных условиях.

Животные для эксперимента были собраны 26 и 28 мая 2004 г. на двух станциях на литорали Южной губы о. Ряжкова (Кандалакшский залив Белого моря, территория Кандалакшского природного заповедника). Первая точка располагалась в устье ручья, вторая – на участке, лишенном опреснения. На первой станции среди самцов преобладали представители вида *J. ischiosetosa* (91%), на второй - *J. albifrons* (89%). Все собранные на каждой станции животные (самцы вместе с самками; всего на первой станции 505 особей, на

второй – 414 особей) были помещены в две емкости, заполненные морской водой. Далее в течение нескольких дней в каждой из емкостей отлавливались пары, демонстрирующие характерную предкопуляторную позу – самец располагается на дорзальной поверхности самки головой к заднему краю плеотельсона. Каждая такая пара была зафиксирована отдельно в 70% этаноле. В материале с первой станции было зафиксировано 48 пар, включавших самцов *J. ischiosetosa*, во второй – 47 пар, включавших самцов *J. albifrons*. После окончания эксперимента все остальные животные были также зафиксированы.

У всех самок, вступивших и не вступивших в спаривание, была измерена длина копуляторной зоны, которая была отнесена к общей длине тела. Полученный параметр далее именуется относительной длиной копуляторной зоны (ОДКЗ).

Частотное распределение ОДКЗ самок, не вступивших в спаривание, имело бимодальный характер, что согласуется с полученными ранее результатами о наличии двух групп самок, различающихся пропорциями тела.

Частотные распределения ОДКЗ самок, вступивших в спаривание с самцами разных видов, различались достоверно (критерий Хи-квадрат,  $p < 0,05$ ). При этом самцы *J. albifrons* чаще вступают в спаривание с самками, имеющими меньшие значения ОДКЗ, а самцы *J. ischiosetosa* чаще выбирают самок с большими значениями этого признака. Полученные результаты подтверждают, что ОДКЗ может быть использован для видовой идентификации самок рода *Jaera*.

**Ягунова Е.Б.** Строение колонии *Cribrillina annulata* (Bryozoa, Cheilostomatida): географическая и биотопическая изменчивость

Все живые организмы можно условно разделить на унитарные и модулярные (Rosen, 1979). Форма модулярного организма определяется, с одной стороны, строением его частей - модулей, с другой – законом их взаимной компоновки. Следствие этого - значительная пластичность формы всего организма-колонии. Диагнозы видов модулярных организмов апеллируют преимущественно к строению модулей, а не целого. Иначе говоря, морфология модуля традиционно полагается стабильной, а морфология колонии относительно неопределенной. Развитие колонии (астогенез) инкрустирующей мшанки *Cribrillina annulata* хорошо изучено: формирование зооидов происходит по достаточно жесткой схеме, отклонения от «модального» астогенеза редки, форма и размер колонии вполне предсказуемы. Все эти черты более свойственны унитарным организмам. Таким образом, *C.annulata* можно рассматривать в качестве модельного объекта для изучения пластичности морфологических характеристик не только на уровне зооида (модуля), но и на уровне всей колонии. Цели работы: (1) показать, что изменчивость строения колоний определяется не только модулярностью, но и экологическими факторами; (2) выяснить, согласованы ли изменения строения колонии с изменениями на уровне зооидов.

В летние месяцы 2000-2002 года в четырех точках Баренцева моря (вблизи пос. Дальние Зеленцы) и в восьми точках Белого моря (две в Соловецком заливе и шесть в губе Чупа Кандалакшского залива) с различных субстратов (камни, *Laminaria saccharina*, *Phycodryis rubens*, *Odonthalia dentata*, *Phyllophora interrupta*) были собраны молодые (2-9 зооидов) колонии *C. annulata*. У зооидов были измерены длина и ширина. Для выявления «макрогеографической» изменчивости использовались только данные по трем из пяти субстратов. В пределах Белого моря, проведен более детальный анализ, с использованием выборок со всех пяти субстратов. Для характеристики изменчивости строения целостной колонии все колонии, собранные в одной точке с одного субстрата одновременно, объединяли в единую «пробу». Для каждой пробы составлялся частотный перечень вариантов строения колоний и вычислялся индекс Шеннона. Достоверность различий устанавливалась при помощи дисперсионного анализа.

Показаны достоверные различия между размерами первых четырех зооидов колоний Белого и Баренцева морей (но доля объясненной дисперсии мала, всего 1-5%). Для позднее формирующихся зооидов различий не выявлено. Также не выявлено различий между размерами зооидов колоний, собранных в Соловецком заливе и в губе Чупа. Размеры зооидов в колониях, собранных с разных субстратов, достоверно отличаются (доля объясненной дисперсии 10-20%). По материалу из обоих морей показано, что самые мелкие зооиды - в колониях, растущих на *O.dentata*, самые крупные – на камне, зооиды с *Ph.rubens* – характеризуются промежуточными размерами. Для беломорских колоний дополнительно установлено, что зооиды в колониях, собранных с *L.saccharina*, столь же мелкие, как и на *O.dentata*, а на *Ph. interrupta* – близки по размерам к зооидам колоний с *Ph.rubens*. Достоверных различий в уровне разнообразия строения колоний между Белым и Баренцевым морями не выявлено. Разнообразие строения колоний на *O.dentata* значительно выше, чем на *Ph.rubens* и на *Ph. interrupta*, а на *Ph.rubens* также ниже, чем на *L.saccharina*. Выделены две группы субстратов: *Ph.rubens+Ph.interrupta* и *O.dentata+L.saccharina*. Колонии с субстратов внутри каждой группы схожи, а с субстратов из разных групп отличаются как на уровне целого, так и на уровне отдельных модулей (зооидов).

Таким образом, географическая и биотопическая изменчивость строения колонии *C.annulata* проявляется как на уровне зооидов, так и на уровне целостной колонии. Географическая изменчивость существенно ниже, чем биотопическая (связанная с типом субстрата). Изменения на уровне зооидов и на уровне колонии согласованы.

**Бухвалов Ю.О., Вербицкая А.Н., Квитко К.В.** Бактериальная обсемененность вод Керетского архипелага - новый взгляд

В условиях такого арктического водоема, как Белое море, устойчивое развитие мероприятий промышленного культивирования мидий предполагает создание системы постоянных наблюдений за показателями качества вод и состоянием естественных биосистем планктона и бентоса. Одним из показателей качества и пригодности воды является отсутствие фекального загрязнения, которое диагностируется по наличию в исследуемых пробах бактерий *Escherichia coli*, одного из основных представителей микрофлоры кишечника теплокровных. Ранее (Мигунова и др., 2000; Шпагин и др., 2004) мы высевали на среду ЭНДО осадки на фильтрах взвеси клеток в воде (объемом от 0,5; 1; 2; 5 и 10 мл). Чашку с пятью фильтрами инкубировали при 37°C и через сутки – двое, учитывали число и цвета выросших на фильтрах колоний. Это - традиционно применяемый для выявления *E. coli* метод. В 2004 году, кроме этого теста, для анализа выросших на среде Эндо бактерий, мы применили тест-систему для ускоренной биохимической идентификации энтеробактерий («Рapid-Энтеро», НИИЭМ имени Пастера). Она позволяет по 18 тестам диагностировать до 50-ти клонов основных представителей семейства *Enterobacteriaceae*. Пробы воды отобраны в районах, отличающихся по нарастанию солёности: 1) р. Кереть (до порогов, пороги, устье); 2) Средняя Салма и бухта Ноговица, Чупинский рейд и Сухая Салма; 3) мыс Картеш, Оборина Салма, губа Никольская, о. Медвежий. Наибольший титр КОЕ (до 15000 на 100 мл) наблюдался в реке Кереть и в воде Чупинского рейда в отлив, в целом, все титры были ниже, чем год назад (Шпагин и др., 2004).

При обследовании выборки из 52 клонов, в основном, т.н. «коли-подобных», т.е. способных ярко окрашиваться фуксином на среде Эндо, лишь 20% исследованных штаммов были диагностированы как представители семейства *Enterobacteriaceae*, при этом среди них не оказалось клонов, идентифицированных как *E. coli*. Около половины испытанных штаммов являются, скорее всего, грамположительными, среди них также могут быть кишечные бактерии, но другой систематической принадлежности, например, энтерококки и стрептококки. Энтеробактерии разных родов выявлены практически во всех районах. Наибольшее число штаммов энтеробактерий выделено из вод 1-го участка, в р. Кереть – всего 6 клонов, при этом их представленность в пробах составляла 25-80% от общего числа КОЕ. При дальнейшем снижении опреснения воды, в районе 2, число обнаруженных нами штаммов энтеробактерий снижалось (4 клон). В пробах воды со значительной солёностью, в районе 3, был обнаружен только один штамм энтеробактерий (о. Медвежий). Таким образом, можно проследить тенденцию в характере распределения энтеробактерий в водах Керетского архипелага: чем более опресненной была вода в пробе, тем выше была вероятность выделения энтеробактерий.

Идентификационные диагнозы обнаруженных энтеробактерий требуют уточнения, однако, по всей видимости, выявленные представители семейства не имеют прямой связи с фекальным загрязнением вод Керетского архипелага, т.к. большинство из них могут встречаться в свободноживущей форме в окружающей среде. Кроме того, в районах биологических станций (бухта Ноговица и мыс Картеш) не наблюдалось повышения встречаемости и титров энтеробактерий.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: 1) воды р. Кереть загрязнены, т.к. 11 из 52 штаммов бактерий, выделенных на среде Эндо из вод Керети и ее непосредственного продолжения в Керетском архипелаге, относятся к семейству *Enterobacteriaceae*; 2) вероятность выделения энтеробактерий коррелировала со степенью опреснения воды; 3) в связи с отсутствием *Escherichia coli* традиционных признаков фекального загрязнения вод Керетского архипелага не обнаружено; 4) признак «фуксиновая окраска» для колоний выросших на диагностической среде Эндо клонов недостаточен для идентификации их как *E. coli*.

На основе результатов, полученных в данной работе, выработаны некоторые предложения по ее продолжению: 1) для комплексного анализа микрофлоры вод Керетского архипелага предлагается провести идентификацию штаммов, не относящихся к семейству *Enterobacteriaceae*, с использованием специализированных диагностикумов; 2) в связи с тем, что нами не было обнаружено *E. coli*, на первом этапе работы следует использовать накопительные среды типа среды Кесслера, что позволит обнаружить присутствие этой бактерии в низкой концентрации (1 КОЕ/100 мл). В целом, результаты тестов 2004 года подтвердили ранее существовавшие утверждения, что пресные воды рек в эстуарных участках моря являются источником бактериального загрязнения, что отражает различие этих вод по степени эвтрофирования. Вместе с тем, марикультура требует определенной степени эвтрофирования, и задача микробиологических тестов в этих случаях – найти грань между нужной степенью богатства вод биогенами и бактериопланктоном, и критериями, обеспечивающими безопасность морепродуктов для потребительских целей. Последние годы в практику подобных тестов входит использование геномного анализа, выявление потенциальных патогенов как среди бактериопланктона, так и в виридопланктоне, в альгопланктоне. В случаях массовых цветений водорослей с токсическими свойствами (красные приливы) или при накоплении в морепродуктах вирусов животных, продукты марикультуры могут быть более опасны, чем при накоплении в них энтеробактерий – обитателей кишечника теплокровных. Поэтому, не отвергая стандартные санитарные нормы, следует в будущем создавать и использовать полевые варианты методик молекулярно-генетической идентификации микробного населения вод, используемых для получения морепродуктов. Снижение титров бактерий в водах реки Кереть в 2004 году имеет смысл сопоставить с числом «проходных рыб» (горбуши?) и количеством гниющей биомассы в результате их гибели.

**Гапонова И.Н., Маслов Ю.И., Квитко К.В.** Секреция мальтозы и глюкозы северными и южными зоохлореллами и особенности ее регуляции экзогенными сахарами

Сосуществование вирусочувствительных водорослей и инфузорий в симбиотической системе *Paramecium bursaria* - *Chlorella sp.* - PBCV (вирус хлореллы) изучено довольно подробно (Van Etten et al., 1982-2004; Квитко, Громов, 1984; Мигунова и др. 2000; Квитко и др. 2004). Этот симбиоз основан на активном обмене веществ между партнерами, а также на секреции сахаров клетками зоохлорелл (Гапонова и др., 2004). Основные продукты, поставляемые инфузории - растворимые углеводы: мальтоза (**М**), глюкоза (**Г**) и, меньше - глюкозо-6-фосфат. В зависимости от принадлежности зоохлорелл к определенному экотипу, этот признак варьирует; северные штаммы выделяют **Г** и **М**, а южные формы - преимущественно **М**. Варьирование по признаку “секреция сахаров” совпадает с различием по границам температурных адаптаций симбионтов, поэтому мы и говорим о южных и северных зоохлореллах (Мигунова и др., 2000; Гапонова и др., 2004).

Мы изучали влияние 3-х экзогенных сахаров на экскрецию **Г** и **М** у 7 штаммов хлорелл, при этом, опыт проводили при двух значениях рН питательной среды. Клетки сутки (или двое) росли на минеральной среде ВВМ рН 6,5, затем ресуспендировав их в среде ВВМ с рН 4,5 и 6, делили пробы на 4 равные части: контроль – клетки в минеральной среде и три взвеси клеток, в которые добавляли **Г**, **М** или сахарозу (**С**) до конечной концентрации каждого сахара 5 мМ. Затем, как и ранее (Гапонова и др., 2004), был осуществлен фотосинтез (экспозиция на свету 20 килолюкс - 60 минут) в атмосфере с  $^{14}\text{CO}_2$  с последующей радиоавтографической идентификацией меченых продуктов фотосинтеза. В крайние точки хроматограммы – пластины (для ТСХ) Silufol (Kavalier, Czechoslovakia) с тонким слоем крупнопористого силикагеля наносили свидетели – по 50 мкг **Г**, **М**, **С**. Туда же наносили по 10 мкл исследуемой пробы. Разделение сахаров проводили в системе растворителей: уксусная кислота, бутанол, вода (1:4:5 – верхняя органическая фаза) дважды (по 3 часа). Окрашивание “свидетелей” на пластине проводили анилин-дифениламиновым реактивом (Захарова, Косенко, 1982): нижнее пятно (**М**) окрашивалось в болотно-серый, среднее – (**С**) - в красновато-коричневый, верхнее (**Г**) - в коричневый цвет. После разделения сахаров на поверхности хроматограммы экспонировали негативную пленку Fomadux (R5+Pb) в течение 7 суток. Количественные оценки интенсивности метки в участках хроматограммы, соответствующих **Г** и **М**, получали как число “черных точек”, следов  $\beta$ -излучения  $^{14}\text{C}$ ., т.е. “засветку” на радиоавтографах, используя подпрограмму “Histogram Photoshop”.

Изучены 4 карельских штаммов *Chlorella sp.*: клон ОЧ-1, выделенный из инфузории, обитателя озера Черливое (Чупинская губа, Карелия), его канаванин устойчивые мутанты: ОЧ-*CanR4*, ОЧ-*CanR6*, и изолят из популяции о. Средний - ОС-1. Сравнивали их с типовыми штаммами: северным (немецким) штаммом – 241-80, выделяющим в питательную среду как **М**, так и

(при увеличении рН от 4 до 6) большое количество Г, и южным (американским) штаммом NC64A), выделяющим преимущественно М. Для контроля взят штамм свободноживущих хлорелл, используемых обычно инфузориями в качестве пищи - CALU-183 (типовой штамм *Ch. vulgaris*). Мы исследовали внеклеточные (культуральную среду) и внутриклеточные продукты фотосинтеза, т.е. спиртовые экстракты клеток, отделенных в центрифуге от среды. В пробах спиртовых экстрактов клеток радиоактивная метка присутствовала во всех сахарах (Г, М, С), но в пятне С ее было существенно больше, кроме того, метка включалась и в более подвижные метаболиты - в органические кислоты, а также в хлорофилл (метка на фронте растворителя). Не было существенных различий по интенсивности радиоактивной метки на хроматограммах экстрактов клеток между 8 пробами каждого штамма: 2 контроля (рН 4,5 и 6), и по 3 пробы с добавкой Г, М, С в среды с рН 4,5 и 6. Не было существенных различий и между разными штаммами зоохлорелл, кроме снижения доли метки у штамма NC64A, особенно, в М и в полимере М. Отсюда можно сделать вывод, что ни рН, ни добавка М, Г и С не оказали существенного влияния на суммарный фотосинтез у северных штаммов. Это позволяет рассматривать хроматограммы внеклеточного экстракта, как характеристику экскреции сахаров клетками сходной фотосинтетической активности.

При исследовании внеклеточных продуктов фотосинтеза были выявлены существенные различия между разными штаммами хлорелл. Четко обособились три типа: северные зоохлореллы активно продуцировали оба сахара - М и Г, культура *Ch. vulgaris* не выделяла заметных количеств сахаров при любой рН, а у южного штамма NC64A в кислой среде сумма метки в глюкозе и мальтозе составила всего 79 условных единиц (УЕ), причем, лишь 5,8% из них составила глюкоза, при рН 6 сумма метки составила 78 УЕ, доля глюкозы чуть выше - 8,3%. В этой же среде типовой северный штамм 241-80 был более активным продуцентом - 202 УЕ метки, и доля глюкозы - 33%. Подкисление среды у штамма 241-80 снизило секрецию до 152 УЕ, причем, в основном, за счет глюкозы, ее доля упала до 12%. Карельские штаммы зоохлорелл были активными продуцентами глюкозы, ее доля при рН 6 - 44-52%, при рН 4,5 - 18-22%. Они близки штамму 241-80, типовой, северной форме по активности экскреции глюкозы.

Добавки экзогенных сахаров значительно повлияли на секрецию М и Г. При сравнении зоохлорелл северного - 241-80 и южного - NC64A экотипов, было обнаружено, что у М-продуцирующего штамма NC64A экзогенная М при рН 6 вызвала накопление метки в полимере - П. Такого эффекта Г не оказала, а С полностью подавила появление радиоактивной метки в М, вызвав обильное ее накопление в П. Интенсивность метки в неразделяемых метаболитах (оставшихся на старте) при фотосинтезе во всех 4-х вариантах (контроль, добавка М, Г, С) сред примерно одинакова. У северного штамма 241-80 - активного продуцента обоих сахаров, при рН 4,5 снижался уровень метки неразделяемых метаболитов и в выделяемых М и Г при фотосинтезе во всех 4-х вариантах сред, особенно это проявилось в средах с Г и С. При рН 6 - метка

интенсивна как в неразделяемых метаболитах, так и в **П**. Вероятно, что регуляторные механизмы типовых штаммов двух экотипов зоохлорелл различны, что требует более детального изучения. Два карельских штамма - ОС-1 и ОЧ сходны со штаммом 241-80, но не идентичны. Штамм ОС-1 менее чувствителен (чем ОЧ) к рН 4,5 и более чувствителен к ингибирующему действию сахарозы, то есть по этим признакам он сходен с южным штаммом NC64A. Из всех сахаров наибольшее влияние оказывала С, эффект которой проявлялся в подавлении экскреции **М**, **Г** и накоплении, судя по интенсивности радиоактивного пятна, метки в **П**, особенно у штаммов NC64A и ОС-1. Для штаммов ОЧ и 241-80 эффект С проявлялся в зависимости от рН. У штамма ОЧ эффект С наблюдался четче при рН 4,5, а эффект **М** – при рН 6, в то время, как у штамма 241-80 те же эффекты видны более четко при рН 6. Исходя из картины разделения продуктов фотосинтеза, С подавляла выделение **М** и **Г**. Вероятно, дисахариды **М** и **С** (особенно **С**) являются положительными регуляторами биосинтеза **П**, что приводит к накоплению **П** и, возможно, к блоку ферментных систем, участвующих в биосинтезе **М**. Экзогенные **М** и **Г** влияли на подвижность и препятствовали разделению на хроматограмме своих меченых аналогов.

В заключение следует отметить, что у всех исследуемых штаммов наблюдается разная степень регуляции сахарами процессов синтеза и транспорта **М** и **Г**, но группу штаммов северного экотипа объединяет сходная реакция при фотосинтезе в среде с немеченой глюкозой. Из этого следует, что этот признак варьирует, а это указывает на существование в популяциях северных зоохлорелл полиморфизма белков регулирующих ход экскреции сахаров. Следующим этапом в анализе связи признаков клонов северных зоохлорелл будет попытка количественно оценить сорбцию вирусов у штаммов, различающихся по признакам экскреции сахаров.

**Квитко К.В., Мигунова А.В.** Одноклеточные зеленые водоросли - симбионты беспозвоночных животных

Широко известны классические примеры симбиозов хлорелло-подобных водорослей с гидрой (*Hydra viridis*) и инфузорией (*Paramecium bursaria*). Данному вопросу были посвящено около четверти монографии 1987 года D.C.Smith & A.E.Duglas "The Biology of Symbiosis". Еще ранее был на эту тему написан обзор по симбиозу в парах «растение-животные». Функции хозяина в этом случае осуществляют животные от *Protozoa* до *Urochordata*, а в роли симбионтов обычно выступают фотосинтезирующие организмы: цианобактерии, зеленые водоросли, диатомовые, динофлагелляты (Trench, 1979). После этих обзоров список примеров симбиоза зеленых водорослей с клетками животных многократно возрос. Хотя, по-прежнему, первые два упомянутые случая остаются наиболее популярными примерами симбиотических систем. Вместе с тем, примеры удивительного симбиоза столь многочисленны, что

перед изложением наших данных, необходимо дать общую картину данного явления.

Прежде всего, список водорослей, способных установить длительное сосуществование с клетками беспозвоночных (Protozoa и Methazoa) велик и разнообразен. Наиболее изученные среди них представители Dinophyceae и Chlorophyceae, которые способны колонизовать в качестве хозяев как многоклеточных животных (губки, плоские черви и моллюски, кишечнополостные), так и простейших. Но для тех случаев, когда в качестве хозяев выступают Protozoa, разнообразие групп симбионтов гораздо шире: Haptophyceae, Cryptophyceae, Chrysophyceae, Prasinophyceae (Smith & Douglas, 1987).

В экспедициях на Белое Море мы нашли два примера такого симбиоза, паразитизм *Choricystis* sp. в моллюсках *Mytilus edulis* и мутуалистический симбиоз инфузории *Paramecium bursaria* и *Chlorella* sp. Об этом и пойдет речь в данном сообщении при изложении наших беломорских экспериментов.

В ходе 15 лет (с 1984 г.) кафедрой микробиологии Санкт-Петербургского Университета, совместно с Ю.С.Миничевым, проводились исследования природных и искусственных поселений *Mytilus edulis* на Белом море на предмет водорослей-симбионтов. Побудительным стимулом послужили сначала наблюдения а, затем, публикации Н.В.Максимовича с сотрудниками, описывавшие зеленых вселенцев в тканях мидий. В природных поселениях мидий вблизи плантаций марикультуры были обнаружены водоросли - паразитические симбионты мидий. Согласно морфологическим критериям идентификации (Komarek, Fott, 1983) мы описали водоросль - изолят из мидий как *Choricystis* sp. (Андреева и др., 1988), пресноводный род, отличающийся от *Coccomyxa* по отсутствию слизи. Мы назвали это явление «хорициститом», т. к. носительство водорослей сопровождалось поражением структуры аддуктора, полуоткрытой раковины, изъятиями в краях створки. У зараженных мидий нарушаются процессы роста и гаметогенеза. По своему воздействию на моллюска эти водоросли сходны с *Coccomyxa parasitica*, найденной в гемоцитах и тканях *Placopecten magellanicus* (Naidu, 1971; Stevenson, South, 1975).

Для описания природного разнообразия симбионтов мы решили использовать иммунофлюоресцентный способ идентификации клеток микроорганизмов. Культура водоросли, паразита мидии, которую мы использовали в качестве источника поверхностных антигенов - изолят Ф-1-1, штамм с большой долей бобовидных клеток. Специфическая поликлональная сыворотка с антителами к поверхностным антигенам водоросли была получена путем иммунизации кроликов. Гомология изолятов из мидий была однозначна по 5-ти признакам, неспецифическое сходство со шт.Ф-1-1 найдено у фикобионтов из лишайников. Штамм Ф-1-1 был защищен авторским свидетельством (Квитко и др., 1989) как источник антигенов для осуществления идентификации паразитических водорослей - обитателей мидий. У иных водорослей симбиотического происхождения серологического сходства не было найдено. Частота случаев паразитического симбиоза

оказалась пропорциональна степени опреснения в банках протоки Подпахта, но это не могло объяснить высокой частоты этого заболевания на банке о. Матренин. К сожалению, на этом работа прервалась, хотя коллекция изолятов *Choricystis* sp. поддерживается и сыворотки еще сохранились. Сейчас имеются в банках данных сиквенсы свободноживущих *Choricystis minor*, можно достать культуру паразита *Placopecten magellanicus* и при возобновлении изучения популяций этого симбионта будет реально планировать современные подходы установления видового и клонового разнообразия (риботипирование), чтобы подтвердить или отвергнуть найденное единообразие.

Мутуалистический симбиоз инфузории *Paramecia bursaria* и *Chlorella* sp. интересен тем, что он оказался тройственным союзом. В большей части культур инфузорий и во всех водах, где мы находили эти “зеленые парамеции”, мы находим альгофаг, вирус из группы *Chlorovirus*, семейства *Phycodnaviridae*. Это один из самых крупных вирусов с линейной ДНК, он сходен с вирусами, находимыми у *Chlorophyta* (*Chlorella* sp. из *H. viridis*), *Prasinophyceae*, (*Micromonas pusilla*), *Prymnesiophyceae* (*Chrysochromulina brevifillum*) и *Phaeophyceae* (*Ectocarpus siliculosus* и семь других видов). За исключением хозяев рода *Chlorovirus*, все остальные водоросли – свободноживущие формы. Детально изучены вирусы *Micromonas pusilla* и *Ectocarpus siliculosus*, для них отмечено наличие широкой изменчивости вирусов и их хозяев, В изучаемой нами системе, для симбионтов *Paramecia bursaria* характерна обратная картина – как и для хорицистиса – единообразие по признакам протеома (Linz et al., 2000, Мигунова, 2002). В последние годы, в результате геномной дактилоскопии по гену 18S рРНК нами выявлены сходство штаммами внутри групп и четкие отличия 2-х экотипов зоохлорелл. При определении сходства нуклеотидных последовательностей этих генов 18S рРНК с известными последовательностями для этого гена разных видов *Chlorella* установлено, что зоохлореллы 2-х экотипов ближе всего к группе *Ch. vulgaris*, *Ch. sorokiniana*, *Ch. lobophora*. Показано, что все изученные штаммы северного и южного экотипа отличаются наличием интрона в начале гена 18S рРНК от этих свободноживущих видов *Chlorella*, штаммы южного экотипа отличаются от штаммов северного экотипа наличием интрона на срединном участке этого гена. Мы предполагаем, что наличие интронов у симбионтов может отражать тенденцию к усложнению генома при переходе к симбиотической форме существования.

Таким образом, создается впечатление, что симбиоз хлорелл и, особенно, симбиоз при участии альгофагов, специфичных для этих хлорелл, характеризуется высокой степенью консерватизма в пределах экотипа и резкими различиями групп симбионтов между экотипами. Выяснением справедливости этого предположения мы (и наши ученики) занимаемся в последние годы. С одной из таких работ Вы сможете ознакомиться в стендовом сообщении И.Н.Гапоновой.

**Тараховская Е.Р., Маслов Ю.И., Раилкин А.И.** Рост эмбрионов *Fucus vesiculosus* L. в разных гидродинамических условиях

На Белом море с середины июля по первую неделю сентября возможно получение в лабораторных условиях больших количеств яйцеклеток и антерозоидов фукуса пузырчатого *Fucus vesiculosus*. Яйцеклетки могут быть оплодотворены одновременно, что позволяет получить синхронную культуру эмбрионов фукуса. Спустя 4-6 ч после оплодотворения зиготы начинают выделять в окружающую среду специфические адгезивные вещества, при помощи которых зиготы и образующиеся из них эмбрионы прочно прикрепляются к различным субстратам. В настоящем исследовании в качестве субстратов для прикрепления зигот использовали пластины из оргстекла размером 5x10 см. Спустя 4 сут после оплодотворения пластины с прикрепившимися к ним эмбрионами экспонировали на глубине 1 м в бухте Круглая в районе ББС ЗИН РАН (мыс Картеш Кандалакшского залива Белого моря). Использовали три варианта гидродинамических условий: естественное течение (контроль), искусственно турбулизованный и искусственно ламинаризованный режим течения. Измененный гидродинамический режим обтекания пластин достигался благодаря использованию специально сконструированных и рассчитанных гидродинамических решеток, которые помещали непосредственно перед горизонтально расположенными пластинами. Опыты продолжались в течение 30 сут. В начале и в конце опытов подсчитывали количество прикрепившихся эмбрионов, а также измеряли их длину (от вершины до основания ризоида) и максимальный диаметр. Исходя из этих данных, рассчитывали объем и площадь поверхности эмбрионов. Было установлено, что экспериментально созданные гидродинамические условия не оказали достоверного влияния на прикрепление фукусов к субстрату. Во всех случаях за время месячной экспозиции около 40% эмбрионов смывалось течением.

К концу опытов максимальных размеров достигали эмбрионы, выращенные в условиях естественной гидродинамики (таблица).

Таблица 1. Влияние гидродинамических условий на рост эмбрионов *F. vesiculosus*.

Параметры	Контроль	Ламинаризация	Турбулизация
Объем эмбрионов, млн. мкм <sup>3</sup>	1,90 ± 0,13	1,36 ± 0,11	1,54 ± 0,11
Площадь поверхности эмбрионов, тыс. мкм <sup>2</sup>	84,46 ± 4,14	67,70 ± 3,86	74,825 ± 3,61

Наименее благоприятными для роста оказались условия ламинаризованного течения. Полученные результаты согласуются с известными фактами, свидетельствующими, что турбулизация способствует лучшему росту литоральных водоросли. Однако в условиях избыточных гидродинамических нагрузок скорость роста может снижаться.

### *Цитология, гистология, эмбриология*

**Бакаленко Н.И., Андреева Т.Ф.** Анализ экспрессии гена *Nvi-hoxb* в развитии полихеты *Nereis virens*

В современной биологии развития основное внимание уделяется изучению основных принципов функционирования генетических программ индивидуального развития животных. В последние годы были обнаружены, клонированы и проанализированы многочисленные ключевые регуляторы различных этапов развития животных. Одними из наиболее важных регуляторов развития являются *Hox*-гены. Они были обнаружены у всех изученных в этом отношении билатеральных животных. *Hox*-гены имеют кластерную организацию. Основная и, по-видимому, анцестральная, функция *Hox*-генов связана с векториальной спецификацией частей тела вдоль переднезадней оси. Но помимо этой основной функции комплекс *Hox*-генов или отдельные гены кластера могут принимать участие и в реализации других генетических программ развития. Подобное явление называется коопцией.

Объект наших исследований – беломорская полихета *Nereis virens* принадлежит к наименее изученной с точки зрения молекулярных механизмов развития группе Lophotrochozoa. Однако именно в этой группе разнообразие типов животных и разнообразие планов строения их тела особенно велико. Понимание организации генетических программ развития лофотрохозойных животных крайне важно для понимания молекулярных механизмов морфологической эволюции. Полихеты (тип Аннелида) относят к наиболее анцестральным представителям лофотрохозойных животных. Особый интерес представляет изучение экспрессии *Hox*-генов у гомономно сегментированных животных, к которым относится эррантная полихета *Nereis virens*, поскольку, как предполагают, они морфологически близки к общему предку лофотрохозойных животных.

В нашем исследовании анализировался характер экспрессии *Hox* гена срединной группы – *Nvi-hoxb* в развитии полихеты *Nereis virens*.

Экспрессия гена *Nvi-hoxb* анализировалась на различных стадиях развития личинки *Nereis virens* и у 4-10 сегментных ювенильных червей. Основным методом изучения являлся метод гибридизации *in situ* на тотальных препаратах (WMISH). Сбор и фиксация личинок осуществлялись в июне-июле 2003 года на МБС СПбГУ, о. Средний.

Было показано, что ген *Nvi-hox6* не экспрессируется на стадии трохофоры. Экспрессия данного гена впервые детектируется на стадии ранней метатрохофоры (119 часов развития) в нескольких поверхностных клетках, лежащих на срединной линии, на границе между третьим сегментом и пигидиальной зоной. Характер экспрессии сохраняется на последующих стадиях средней и поздней метатрохофоры (до 177 часов). К началу стадии нектохеты эта экспрессия затухает.

У поздней нектохеты (298 часов развития) появляется новый домен экспрессии гена *Nvi-hox6*. Экспрессия этого гена обнаруживается в поверхностных клетках постериальной зоны роста, и домен экспрессии формирует кольцо. Это кольцо сохраняется в период формирования четвертого (первого постларвального) сегмента и у четырехсегментного ювенильного червя. По мере формирования новых сегментов, высокий уровень экспрессии отмечается в каждом вновь образованном сегменте. Уровень экспрессии в остальных постларвальных сегментах начинает снижаться и вскоре формируется постериально-антериальный градиент экспрессии *Nvi-hox6*.

Таким образом, экспрессия гена *Nvi-hox6* в развитии *Nereis virens* имеет 2 фазы. Первая фаза реализуется во время стадии метатрохофоры и, по-видимому, маркирует границу между средней и задней кишкой. Эта функция не связана с векториальным паттернированием переднезадней оси личинки и является примером коопции. Экспрессии данного гена в зоне роста нектохеты и постларвальных сегментах ювенильного червя сходна с экспрессией ряда других *Hox*-генов на этих стадиях (*Nvi-hox4*, *Nvi-lox5*, *Nvi-post2*). Мы предполагаем, что градиенты экспрессии различных *Hox*-генов у полихеты *Nereis virens* определяют позиционные значения каждого из многочисленных сегментов.

**Бегас О.С., Широкова В.Н., Князев Н.А., Самойлович М.П.** Выявление консервативных антигенов у беспозвоночных и примитивных хордовых с помощью моноклональных антител

Центральный научно-исследовательский рентгено-радиологический институт

Одно из направлений сравнительно-эволюционных исследований основано на выявлении у представителей высокоорганизованных таксонов консервативных молекул, обнаруженных у более примитивных животных. Кишечнополостные, двуслойные радиально симметричные животные, находятся в основании эволюционного древа многоклеточных и, вероятно, имеют такие антигенные молекулы, которые сохранились у животных с более сложной тканевой организацией. При изучении функций биологических молекул и их эволюции широко используют моноклональные антитела (МКАТ).

Задачей исследований было изучение экспрессии антигенов, распознаваемых МКАТ, полученными против антигенов *Hydra vulgaris*, у

представителей разных таксономических групп беспозвоночных животных и у примитивных хордовых.

В работе использовали панель из 20-ти МКАТ, полученных против антигенов *H. vulgaris*. Объектами исследований служили представители различных групп беспозвоночных, а также примитивные хордовые. Использовали клеточные суспензии, гомогенат тканей и гемолимфу. Исследования проводили методом твердофазного иммуноферментного анализа, твердой фазой служила нитроцеллюлоза.

Три антигена, связывающие МКАТ 1A8, 3G11 и 4A10, являются видоспецифичными для *H. vulgaris*. Три антигена, распознаваемые МКАТ 4A7, 2D2, 3B10 встречаются у близкородственных видов рода *Hydra*, относящихся к группе *Vulgaris*. Их следует обозначить, как группоспецифичные. Один из исследуемых антигенов, реагирующий с МКАТ 4G4, экспрессируется только у гидроидных полипов. Антиген, связывающий МКАТ 4G3, выявлен у представителей нескольких классов кишечнорастных, и является консервативным в пределах этого типа.

Два антигена, выявляемые МКАТ 4C3, 4H3, являются высококонсервативными, так как обнаружены почти у всех рассмотренных видов беспозвоночных и примитивных хордовых животных. Ряд антигенов мозаично представлен у исследованных животных.

Консервативность антигенных молекул может свидетельствовать о их высоком функциональном значении, вследствие чего эти белки не претерпевают принципиальных изменений в ходе эволюции. В то же время мозаичная экспрессия отдельных антигенов может быть результатом связывания МКАТ с белками сходной конформации, но которые при этом не являются консервативными.

Среди антигенов, представленных у *H. vulgaris*, наряду с видо- и группоспецифичными молекулами выявлены высоко консервативные антигены, которые сохранились в процессе эволюции у беспозвоночных животных с более сложным тканевым строением, а также у примитивных хордовых.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 02-04-49120).

**Габай И.А., Костюченко Р.П.** Динамика клеточных популяций при формировании и функционировании зоны роста в онтогенезе nereid

В ходе личиночного развития полихет и при метаморфозе в ювенильную форму происходят существенные морфогенетические изменения. Очевидно, что все они, так или иначе, связаны с изменением формы клеток, реоранжировками и, вероятно, с клеточными делениями.

Метаморфоз – одна из ключевых стадий в онтогенезе полихет, в ходе него создаются предпосылки для организации тела животного на весь

постларвальный период онтогенеза. При этом вероятнее всего, активируются новые программы функционирования и построения постларвального тела. Именно в этом смысле Петр Павлович Иванов понимал первичную гетерономность сегментов. Он показал (Iwanoff, 1928), что у некоторых видов *Serpullidae* и *Spionidae* во время метаморфоза клетки предпигидиальной зоны дедифференцируются и вступают в активный митотический цикл. Таким образом, формируются предшественники зоны роста.

В настоящей работе мы предприняли попытку оценить динамику клеточных популяций в ходе личиночного развития, метаморфоза и постларвального развития у беломорской полихеты *Nereis virens* и средиземноморской *Platynereis dumerilii*. Для этого на разных стадиях онтогенеза животных инкубировали в морской воде содержащей бромдезоксипурин (*BrdU*) – меченый предшественник ДНК. Включившийся во время фазы S клеточного цикла *BrdU* выявляли иммуноцитохимическими методами.

Динамика клеточных популяций у этих двух полихет в целом имеет схожий характер. Личиночные стадии – трохофора и метатрохофора характеризуются высоким пулом меченых клеток в развивающемся простомииуме, стомодеуме и вентральной пластинке, включая ее латеральные участки. Во время развития нектохеты высокая плотность клеток с сигналом отмечена главным образом в формирующейся дефинитивной вентральной нервной цепочке, в параподиях и на заднем конце тела, в начинающихся формироваться пигидиальных лопастях.

В ходе метаморфоза, при переходе к постларвальному развитию зона меченых *BrdU* клеток появляется в передней трети пигидия. Вероятнее всего, именно эти клетки составят зону роста, и будут служить источником клеточного материала для последующего формирования постларвальных сегментов. При более длительном времени инкубации в *BrdU* была отмечена повышенная пролиферативная активность в только что сформированных сегментах по сравнению с более старшими передними сегментами. Скорее всего, это связано с тем, что вновь сформированные за счет деятельности клеток зоны роста сегменты продолжают расти.

Таким образом, для развития сегментов у полихет сем. *Nereidae* характерна большая динамика клеточных популяций, особенно на стадиях ларвального и раннего постларвального развития.

Настоящая работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования РФ PD02-1.4-360.

**Габай И.А., Костюченко Р.П.** Клеточные аспекты регенерации у *Nereidae*

Регенерация, или способность к восстановлению утраченных по каким-либо причинам структур, является одной из характерных черт полихет. Петр Павлович Иванов в своих работах (Иванов 1928) показал, что тело полихет

состоит из двух типов сегментов – ларвальных, формирующихся почти одновременно в процессе развития личинки за счет потомков первого и второго соматобластов (бластомеров 2d и 4d соответственно) и постларвальных, образующихся последовательно в ходе роста животного, благодаря деятельности зоны роста, возникающей в ходе метаморфоза. В качестве источников клеточного материала формирования зоны роста П.П.Иванов указал на дедифференцирующиеся клетки покровного эпителия.

В случае регенерации у полихет описаны два варианта: 1) при регенерации переднего конца тела (если таковая возможна) одновременно восстанавливаются простомиум, перистомиум и все передние сегменты, соответствующие ларвальным; 2) при регенерации заднего конца сначала восстанавливаются пигидиальные структуры и предпигидиальная зона роста, после чего сегменты тела формируются субтерминально и последовательно.

Ряд авторов считают, что у полихет, подобно плоским червям, имеется особая популяция стволовых клеток или необластов, которые в случае повреждения способны дифференцироваться в любой клеточный тип и, мигрируя к месту повреждения, принимать участие в восстановлении тканей.

Процесс задней регенерации во многом напоминает обычный рост. Однако неясным остается вопрос о регенеративных потенциях животного на разных стадиях ларвального и постларвального развития, а также о клеточных источниках вторично формирующейся зоны роста и её действительной роли в развитии сегментов.

В настоящей работе мы рассматриваем регенерацию nereid на примере двух полихет – *Nereis virens* и *Platynereis dumerilii*. При отрезании головы - регенерации передних структур у обоих видов не происходит. В случае удаления пигидия и части постларвальных сегментов у ювенильного червя примерно со вторых суток после операции начинает формироваться пигидий с циррами. Только после восстановления пигидия начинают последовательно образоваться новые сегменты. В экспериментах с поздними личинками (нектохеты в конце метаморфоза) формирование постларвальных сегментов происходило при отрезании одних лишь пигидиальных структур. Если удалялся один или несколько ларвальных сегментов – регенерации не происходило и животное гибло.

Для оценки динамики клеточных популяций на разных стадиях нами был использован метод инкубации животных в растворе меченого предшественника ДНК - бромдезоксипуридина (*BrdU*) - с последующим выявлением сигнала методами иммуноцитохимии.

При регенерации nereid не происходит полного закрытия раны покровным эпителием. На протяжении всего процесса заживления и восстановления кишка сообщается с внешней средой, и новое анальное отверстие формируется на ранних стадиях регенерации. Сразу после операции отмечено сокращение кольцевой мускулатуры, стягивающей края раны. В первые часы происходит процесс замыкания эпителиальных слоев эктодермы и энтодермы, после чего начинаются процессы формирования пигидия. На этой стадии в заднем конце червя обнаружено большое количество меченых *BrdU*

клеток. По мере формирования пигидиальных лопастей становится ясно различима зона роста впереди пигидия. Кроме того, сильный сигнал отмечен в основаниях формирующихся цирр. Меченые клетки отмечены в покровном эпителии в разном количестве вдоль дорсо-вентральной оси. На стадии регенерации суток после операции, в момент, предшествующий наиболее активным формообразовательным процессам в пигидиальной области, клетки наиболее активно синтезируют ДНК на вентральной стороне животного.

Кроме зоны роста, восстанавливающейся во время регенерации за счет клеток покровного эпителия, расположенного непосредственно вблизи раны, у исследуемых нерид, нами не было обнаружено других очагов активной пролиферации. Таким образом, свидетельств участия особых стволовых клеток типа необластов в восстановлении утраченных частей у нерид нами получено не было.

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования РФ PD02-1.4-360.

**Дьячков И.С., Кудрявцев И.В., Харазова А.Д., Полевщиков А.В.\***

Адаптация метода митоген-индуцированной пролиферации лимфоцитов для целомоцитов морской звезды *Asterias rubens*

\* ГУ НИИ экспериментальной медицины РАМН, Санкт-Петербург

Лимфоциты являются основным классом клеток, с которым связывают реализацию программ приобретенного иммунитета позвоночных. Одним из наиболее распространенных и информативных методов оценки функций лимфоцитов является изучение их пролиферативной активности. Для индукции пролиферации наряду с антигенами используются также митогены, активирующие Т- и В-клетки неспецифическим образом за счет кластеризации рецепторов. Принимая во внимание гипотезу о функциональной гомологии лимфоцитов позвоночных и одной из популяций циркулирующих целомоцитов иглокожих (Leclerc et al., 1983), нами была предпринята попытка адаптации метода митоген-индуцированной пролиферации лимфоцитов человека для целомоцитов морской звезды *Asterias rubens*.

Сбор экспериментального материала проводили в августе-сентябре 2004 г. на базе ББС им. акад. О.А.Скарлато ЗИН РАН. Целомоциты *A.rubens* получали с помощью шприца в консервирующий раствор (30 мМ ЭДТА в 2,6% растворе NaCl) и число целомоцитов определяли в камере Горяева. Клетки отделяли от целомической жидкости центрифугированием при 250g в течение 10 минут и переводили в культуральную среду, устанавливая концентрацию клеток равной 2 млн/мл. В состав культуральной среды входили среда RPMI-1640 с подведённой осмотичностью до 25‰, стабилизированную добавлением HEPES и бикарбоната Na и обогащенную 2% эмбриональной телячьей сыворотки и 80 мкг/мл гентамицина. Все компоненты среды стерилизовали мембранной фильтрацией. Целомоциты *A.rubens* инкубировали в лунках камеры Терасаки в объёме 15 мкл методом «висячей капли» при t=15°C во влажной атмосфере.

Клетки стимулировали внесением 5 мкл ФГА, Кон А и лимфоцитарного митогена (ЛМ) в разных концентрациях в течение 12, 24, 48, 72, 96 ч. Контролем служило внесение равного объема культуральной среды. Об уровне метаболической и пролиферативной активностей судили по включению меченых по тритию уридина и тимидина, которых вносили на последние 12 ч инкубации в объеме 2 мкл. По окончании инкубации клетки переносили на толстые бумажные фильтры и высушивали, останавливая опыт и предотвращая радиоактивное загрязнение. Каждый опыт был воспроизведен шестикратно. Учет включившейся метки вели путем сцинтилляционного счета на базе отдела иммунологии НИИЭМ РАМН. С этой целью каждый фильтр выдерживали в избыточном объеме воды в течение 30 мин для удаления невключившейся метки, обрабатывали избытком 5% раствором ТХУ (15 мин) для преципитации белка и 1-2 мин – 100° этанолом. После высушивания образцы переносили в вials со сцинтиллятором. Радиометрический учет вели на счётчике Rackbeta, и результат выражали числом импульсов за 1 мин (СРМ, имп/мин).

Полученные результаты свидетельствовали о том, что на всех точках наблюдения уровень включения меток в культуры достоверно превышал фоновые значения. Динамика включения  $^3\text{H}$ -уридина отличалась от динамики для  $^3\text{H}$ -тимидина, доказывая сохранение жизнеспособности клеток даже на сроке 96 ч культивирования. Выявлены различия в ответе культур целоцитов на различные митогены. Так, наивысшие показатели включения  $^3\text{H}$ -уридина были получены при ответе на 50 мкг/мл ФГА через 96 ч инкубации ( $4236 \pm 3030$  имп/мин), в то время как наивысший уровень для  $^3\text{H}$ -тимидина отмечен при ответе на лимфоцитарный митоген (в разведении 1:4) через 72 ч культивирования и составил  $1239 \pm 329$  имп/мин. Уровни включения метки в контрольных культурах составляли в среднем от 300 до 1600 имп/мин по всем срокам для обеих меток. Разработанная модификация классического метода клеточной иммунологии представляет собой первую успешную попытку оценки пролиферативной и метаболической активностей целоцитов *A. rubens* in vitro в условиях полевого стационара. Работа поддержана грантами РФФИ № 04-04-49069 и 04-04-49342.

**Дьячков И.С., Кудрявцев И.В., Харазова А.Д., Полевицков А.В.\*** Оценка пролиферативной и метаболической активности целоцитов *Asterias rubens* in vitro в ответ на митогенную стимуляцию

\* ГУ НИИ экспериментальной медицины РАМН, Санкт-Петербург

Согласно литературным данным, митогенная стимуляция лимфоцитов млекопитающих in vitro довольно близко воспроизводит активацию клеток специфическими антигенами. Принимая во внимание точку зрения о возможной функциональной гомологии лимфоцитов позвоночных и циркулирующих целоцитов иглокожих, нами была предпринята попытка анализа митоген-индуцированной пролиферации целоцитов морской звезды *Asterias rubens*. Для изучения влияния митогенной стимуляции на целоциты

*A. rubens* использовали адаптированный нами метод оценки пролиферативной и метаболической активностей, основанный на включении меченых предшественников синтеза РНК и ДНК целоцитов *in vitro*. Митогены (ФГА, Кон А и лимфоцитарный митоген (ЛМ), представляющий собой глобулиновую фракцию антилимфоцитарной сыворотки) были растворены в культуральной среде до финальных разведений в лунках 12,5; 25 и 50 мкг/мл (разведения 1:8, 1:4 и 1:2 для ЛМ). Контрольные культуры инкубировали в среде без добавления митогенов. Меченые тимидин и уридин вносили в культуры на последние 12 ч. После культивирования в течение 12-96 ч клетки переносили на бумажные фильтры, и после стандартной обработки образцы анализировали на сцинтилляционном счетчике. Результат митоген-индуцированного ответа выражали как отношение числа импульсов в 1 мин опытных образцов к контролю, обозначаемое как индекс стимуляции (ИС). Всего было обследовано 6 параллелей по каждой точке.

При анализе результатов были выявлены особенности ответа у каждого животного, поэтому в таблице 1 приведены наиболее типичные закономерности, полученные для одного из животных. Анализируя пролиферативный ответ целоцитов при стимуляции различными митогенами выявлено, что при всех используемых концентрациях на точках 24 и 48 ч включение <sup>3</sup>H-тимидина максимально, что может свидетельствовать о существовании, как минимум двух популяций целоцитов.

Максимальная пролиферативная активность выражена на сроках 24 и 72 ч, причём определяющим фактором клеточных циклов является срок инкубации целоцитов с митогенами при всех использованных концентрациях митогенов.

Воздействие митогенов на целоциты, возможно, носит характер митостатика, т. к. их воздействие носит концентрационно независимый характер и может приводить к снижению пролиферативной активности целоцитов. Возможно, что митостатический эффект на некоторых сроках объясняется использованием слишком высоких концентраций митогенов, при которых не происходит кластеризации рецепторов за счет избытка митогена.

Таблица 1. Динамика значений ИС под действием разных митогенов при культивировании целоцитов *A. rubens in vitro*.

Срок, ч	ФГА, 12,5 мкг/мл		Кон А, 12,5 мкг/мл		ЛМ, 1:8	
	<sup>3</sup> H-тд	<sup>3</sup> H-ур	<sup>3</sup> H-тд	<sup>3</sup> H-ур	<sup>3</sup> H-тд	<sup>3</sup> H-ур
12	0,74	0,85	0,78	0,73	0,83	0,68
24	1,31	1,00	1,25	1,58	1,27	1,56
48	0,80	0,74	0,67	0,87	0,73	1,06
72	1,10	0,72	1,11	0,71	1,25	0,74
96	0,93	0,84	0,74	0,86	0,69	0,98

При анализе данных по метаболической активности целоцитов выявлено, что как в опытных, так и в контрольных культурах прирост абсолютных значений включения <sup>3</sup>H-уридина имел место на поздних сроках

культивирования (на 4 и 5-е сутки) для всех митогенов, когда он достоверно превышал уровень включения на более ранних сроках.

Работа поддержана грантами РФФИ № 04-04-49069 и 04-04-49342.

**Елисеева Е.В., Кулакова М.А., Андреева Т.Ф.** Анцестральная и кооптированная функции постериальных Нох генов в личиночном развитии полихет *Nereis virens* и *Platynereis dumerilii*

Обобщение всех имеющихся на сегодняшний день данных по структурной организации и функционированию Нох генов билатеральных животных позволяет заметить, что одна из трёх основных филогенетических групп билатеральных животных – Lophotrochozoa – изучена в этом отношении явно недостаточно. А между тем, это именно та группа животных, которая демонстрирует колоссальное разнообразие морфологических планов организации тела, в создание которого в эволюции, без сомнения, был вовлечен кластер Нох генов. Выявление структурной организации и правил функционирования Нох-генов у лофотрохозойных животных могут прояснить основы создания морфологического разнообразия в этой группе животных. Анализ экспрессии Нох генов в развитии нереид - одних из примитивных в эволюционном плане представителей группы Lophotrochozoa (Tessmar-Rable and Arendt, 2003), чья генетическая сеть и Нох-гены, как ее составляющие, претерпели минимальные изменения в ходе эволюции, может дать представление о функции Нох генов, реализовывавшейся у предка лофотрохозойных животных.

Опираясь на молекулярно-филогенетические взаимоотношения, построенные на основании ряда индивидуальных структурных особенностей Нох генов, можно разделить кластер Нох генов билатеральных животных на три части: anteriальная группа генов, срединная группа генов, постериальная группа генов (de Rosa et al., 1999). Число генов, входящих в постериальную группу, может значительно варьировать от одного (AbdB) у дрозофилы до шести у ланцетника (Ferrier et al., 2000).

В пределах ветви Lophotrochozoa мало данных, относительно наличия в кластере постериальных Нох генов и их паттерна экспрессии. Присутствие таких генов показано для головоногого моллюска *Euprimna scolopes* (Kallaerts et al., 2002), для планарии *Dugesia japonica* (Nogi, and Watanabe., 2001). Нами получены данные о функционировании постериальных генов полихет *Nereis virens* (Nvi-post1, Nvi-post2) и *Platynereis dumerilii* (Pdu-post1, Pdu-post2).

Pdu-post2 начинается экспрессироваться на стадии средней метатрохофоры. Зона экспрессии ограничена пигидиальной областью на протяжении всего личиночного развития. Таким образом, постериальный ген кластера экспрессируется в самом постериальном отделе тела животного, что укладывается в общее для Нох генов всех билатеральных животных правило пространственной коллинеарности экспрессии. В этом случае, наряду с некоторыми другими генами Нох кластера червя, Pdu-post2 принимает участие

в реализации анцестральной функции генов Нох кластера, заключающейся в регионализации тела вдоль антериально-постериальной оси. Паттерн экспрессии и функция Pdu-post2 и Nvi-post2 идентичны.

Экспрессия Pdu-post1 начинается на стадии поздней трохофоры. Его экспрессия ассоциирована с территориями формирования хетоносных мешков всех трёх личиночных сегментов. Динамика экспрессии коррелирует с процессом закладки и развития хетоносных мешков. Как и в случае post2, паттерны экспрессии ортологичных генов Pdu-post1 и Nvi-post1 идентичны. Функция генов post1 не связана с осевым паттернингом. Pdu-post1 и Nvi-post1 были кооптированы в ходе эволюции для спецификации областей закладки хетоносных мешков, являющихся эволюционной инновацией полихет.

Таким образом, для нерейд нами показано наличие в кластере двух генов постериальной группы: post1 и post2, при этом post2 сохранил функцию в регионализации тела вдоль AP оси, а post1 был вовлечён в программу закладки хетоносных мешков. Сходная ситуация наблюдается и у планарии (*Platyhelminthes*), в геноме которой также обнаружено два постериальных Нох гена: DjAdb-Ba, DjAbd-Bb, оба они являются ортологами гена post2 кластера полихет. DjAdb-Ba экспрессируется в хвостовом отделе тела червя, тогда как DjAbd-Bb утратил функцию в регионализации тела животного вдоль AP оси, он экспрессируется в нескольких клеточных типах по всему телу животного (Nogi and Watanabe, 2001).

**Климович А.В., Горбушин А.М.\*** Морфо-функциональная характеристика гемоцитов *Vuccinum undatum* (Mollusca: Gastropoda)

\*ИЭФБ РАН

В рамках сравнительного иммунобиологического анализа беломорских моллюсков проведено исследование морфологии и ряда функциональных параметров клеток гемолимфы переднежаберного моллюска *Vuccinum undatum*. Работа выполнена в 2003-2004 гг. на Морской Биологической Станции ЗИН РАН "Картеш" (Белое море, Кандалакшский залив, губа Чупа).

Концентрация клеток в гемолимфе *V. undatum* отличается существенной индивидуальной и сезонной вариабельностью. Так, летом 2003 года, при среднем значении  $1.8 \cdot 10^6$  клеток/мл, максимальное количество гемоцитов в циркуляции обнаружено в начале июля и в середине августа ( $1.8 \cdot 10^6$  и  $3.0 \cdot 10^6$ , соответственно). Минимальные оценки приходились на конец июня ( $1.0 \cdot 10^6$ ). Предположительно, нестабильность этого параметра отражает различный уровень активированности защитной системы у разных особей и сезонные различия физиологического статуса моллюсков, обусловленные половым циклом.

Циркулирующие клетки гемолимфы трубача в целом представлены одним клеточным типом. Зафиксированные немедленно после взятия из буккального синуса клетки имеют средний диаметр 9.1 мкм, диаметр ядра 6,8 мкм и ядерно-цитоплазматическое отношение этих клеток (0.75) значительно смещено в

сторону ядра. Цитохимическое окрашивание не выявило гранулированных или зернистых элементов в слабо базофильной цитоплазме гемоцитов, и поэтому клетки *B. undatum* можно классифицировать как гиалиноциты. Однако, окончательное решение этого вопроса возможно только после проведения электронно-микроскопических исследований.

Окрашивание гемоцитов реактивом Шиффа выявило, что большинство клеток в популяции содержат рассеянные отложения гликогена в цитоплазме. Цитохимическое определение ферментов показало, что гемоциты трубача не содержат эндогенной пероксидазы и не продуцируют этот фермент при индукции фагоцитоза. Активность кислой фосфатазы обнаружена как фоновое окрашивание цитоплазмы и, в более ярко выраженной форме, в фагосомах.

Эксперименты с иммуноцитохимическим выявлением инъецированного животным бромдеоксиуридина (БрДУ), обнаружили его включение в ядра 1.8% гемоцитов через 12 часов после инъекции. Наличие в циркуляции клеток, находящихся в фазе синтеза ДНК, свидетельствует о протекании кроветворных процессов в том числе и непосредственно в циркуляторной системе.

В присутствии ионов кальция гемоциты трубача способны как формировать клеточные агрегаты, так и расплываться на стекле и пластике. Обработка субстрата полилизинем и органосиланом усиливает адгезивную способность клеток. Цейтраферная микрофотосъемка обнаружила высокую амебоидную подвижность гемоцитов. В экспериментах *in vitro* клетки фагоцитировали зимозан (клеточные стенки дрожжей), бактерии и частицы латекса. Однако, доля фагоцитирующих клеток невелика и не превышает 10%. В условиях *in vitro* гемоциты *B. undatum* способны генерировать активные формы кислорода. С помощью фотометрического метода оценки интенсивности восстановления нитросинего тетразолия (НСТ-тест) обнаружено небольшое, но статистически достоверное увеличение синтеза кислородных метаболитов клетками при фагоцитозе зимозана. При этом важно отметить, что синтетическая активность зарегистрирована не только внутри-, но и внеклеточно. Оценка цитотоксичности гемоцитов *B. undatum* не обнаружила литической активности клеток по отношению к эритроцитам человека (группа АВ). Однако, в плазме (бесклеточной гемолимфе) *B. undatum* присутствуют соответствующие гемолитические факторы.

Полученные результаты позволяют рассматривать моллюска *B. undatum*, наряду с *Littorina littorea*, как потенциальный модельный объект для сравнительных иммунобиологических исследований.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант РФФИ № 03-04-49392-а).

**Кудрявцев И.В., Дьячков И.С., Рябов В.Б.\*, Харазова А.Д., Полевщиков А.В.\*\*** Влияние повторного введения эритроцитов человека на динамику защитных факторов морской звезды *Asterias rubens*

\*кафедра физиологии микроорганизмов Биологического факультета МГУ, Москва

\*\* ГУ НИИ экспериментальной медицины РАМН, Санкт-Петербург

Целью данного исследования было изучения влияния повторного введения эритроцитов человека (ЭЧ) на динамику численности целомоцитов, их метаболическую активность и на динамику титров гемагглютининов. В эксперименте было использовано 400 неповрежденных морских звезд *A. rubens* (Asteroidea, Forcipulata) с длиной луча не более 6 см, собранных в районе ББС ЗИН РАН. Первичную иммунизацию проводили в конце июня, вторичную – в конце июля, а третичную – в конце августа 2004 года. В промежутках между иммунизациями животных опытной (инъекция в конец одного из лучей 1 мл 2% суспензии ЭЧ) и контрольной группы (инъекция 1 мл 0,85% р-ра NaCl) содержали в садках на глубине 3-4 метров. На сроках 1-120 ч после иммунизации оценивали число клеток в 1 мл целомиической жидкости (с помощью камеры Горяева), их способность к продукции активных форм кислорода (спонтанный и зимозан-индуцированный НСТ-тест), метаболическую активность целомоцитов (МТТ-тест), титр гемагглютининов (реакция гемагглютинации).

Результаты исследований показали, что через месяц после первичного введения ЭЧ у морских звезд сохранялась относительно высокая концентрация клеток, но не наблюдалось увеличения их метаболической активности. Первичная иммунизация сопровождалась 3-кратным увеличением числа клеток уже через 1 ч после введения ЭЧ, также было отмечено еще два прироста концентрации клеток. При повторных иммунизациях не удалось зарегистрировать достоверных приростов числа клеток ни на ранних, ни на поздних сроках. В контрольных группах при повторных инъекциях кривые концентрации клеток практически совпадали. При изучении способности целомоцитов к спонтанной продукции активных форм кислорода показано, что при первичной иммунизации наблюдались пикообразные приросты на сроках 9 и 48 ч, в то время как при повторном введении антигена достоверных отличий от начальной точки не наблюдали. В контрольных группах отмечена сходная динамика продукции  $O_2^-$ . Вместе с тем в индуцированном НСТ-тесте повторно иммунизированные животные уже через 1 ч отвечают 2-3,5-кратным приростом продукции  $O_2^-$ , и аналогичные показатели достигаются в интервале 9-24 ч. Повторное введение 0,14 М р-ра NaCl также приводило в приростам продукции  $O_2^-$  ранних сроках (6-9 ч), но их амплитуда была значительно ниже. Исследование метаболической активности целомоцитов выявило, что если первичное введение ЭЧ вело к снижению данного показателя, то вторичное и третичное – к его увеличению на ранних сроках после иммунизации, на сроках свыше 48 ч кривые всех трех групп имели сходную динамику. Динамика титров гемагглютининов при первичной и повторных введения ЭЧ не имела различий.

Многokратные иммунизации также не приводили к ускорению элиминации антигена из целомической жидкости.

Таким образом, повторное введение ЭЧ не приводило к усилению ответа, опосредуемого как клеточными, так и гуморальными защитными механизмами, и не влияло на скорость удаления антигена из циркуляции, что однозначно указывает на отсутствие иммунологической памяти у данной группы животных, а также на высокую эффективность реакций врожденного иммунитета. Более того, повторные иммунизации приводили к ослаблению клеточного ответа на вводимый антиген, что может рассматриваться в качестве “отрицательной” иммунологической памяти.

Работа поддержана грантами РФФИ №04-04-49069 и 04-04-49342.

**Кудрявцев И.В., Дьячков И.С., Рябов В.Б.\*, Харазова А.Д., Полевщиков А.В.\*\*** Влияние различных антигенов на динамику клеточных и гуморальных защитных факторов морской звезды *Asterias rubens*

\*кафедра физиологии микроорганизмов Биологического факультета МГУ, Москва

\*\* ГУ НИИ экспериментальной медицины РАМН, Санкт-Петербург

В сравнительно-иммунологических исследованиях традиционным модельным антигеном являются эритроциты млекопитающих, в отношении которых однако могут возникать сомнения в адекватности данной модели применительно к изучению защитных реакций морских беспозвоночных. С целью сравнения параметров ответа на эритроциты человека (ЭЧ) и иные антигены, с которыми морские звезды контактируют в среде обитания, было предпринято данное исследование. Всего было отобрано 4 группы морских звезд *A. rubens* (Asteroidea, Forcipulata) по 60 неповрежденных животных с длиной луча не более 6 см. Контрольной группе животных в конец одного из лучей вводили 1 мл 0,85% р-ра NaCl, а другим группам – равный объем 2%-ю суспензию ЭЧ (группа 1), 2%-ю суспензию зимозана (группа 2) или 2%-ю суспензию живых бактерий *Pseudomonas* sp., выделенных с покровов *A. rubens* (группа 3). После иммунизации животных помещали в садки на глубину 2-2,5 м. На сроках 1-120 ч после иммунизации от 6 животных каждой группы получали образцы целомической жидкости, в которых определяли концентрацию клеток в 1 мл целомической жидкости (камера Горяева), способность клеток к продукции активных форм кислорода (НСТ-тест), интенсивность их метаболической активности (МТТ-тест), а также титр гемагглютининов (реакция гемагглютинации).

Стереотипным ответом на введение антигена является прирост концентрации клеток в целомической жидкости на ранних сроках. В группе 1 максимальное количество клеток было зарегистрировано уже через 3 ч после иммунизации. В группах 2 и 3 максимальная концентрация клеток была отмечена на сроках 6 и 9 ч соответственно. В контрольной группе число клеток на ранних сроках снижалось с последующим восстановлением до исходных показателей к 12 ч. После срока 72 ч кривые числа клеток во всех четырех

группах совпадают. При оценке спонтанной продукции  $O_2^-$  показано, что у животных групп 2 и 3 на сроках 1-48 ч количество целомоцитов, синтезирующих  $O_2^-$ , значительно превышает аналогичный показатель контрольной и 1-й групп, причем, при сходной динамике на сроках свыше 72 ч разница между группами сохраняется. В индуцированном НСТ-тесте найдено, что продукция  $O_2^-$  возрастает через 1 ч во всех группах, и в группах 1-3 медленно снижается до срока 12 ч, в то время как в контроле возрастает и достигает максимума в точке 6 ч. Вторая волна прироста продукции  $O_2^-$  начинается с 24 ч и снижается после 72 ч наблюдения в группах 1 и 3 при сохранении высокой продукции  $O_2^-$  в группе 2. Исследование метаболической активности целомоцитов показало, что уровень МТТ-теста в группах 2 и 3 превосходит показатели группы 1 на сроках 1-48 часов. У интактных животных агглютинирующие факторы обнаруживаются в 10-20% случаев. При введении антигена наблюдается увеличение титра гемагглютининов уже через 1 ч в группах 2 и 3, аналогичные значения достигаются группой 1 на сроке 3 ч, а контрольной группой – к 6 ч. В группе 3 в ответ на живые бактерии высокий уровень агглютининов сохраняется на протяжении 12-24 ч, в то время как в других группах их титры быстро снижаются. Таким образом, результаты указывают, что *A. rubens* способны различать введенные антигены. При этом эритроциты человека могут использоваться в качестве модельного антигена для изучения защитных реакций иглокожих, так как, несмотря на некоторые выявленные различия в сроках изменения тех или иных параметров защитных реакций, их общая динамика остается идентичной для модельных антигенов (ЭЧ, зимозан) и для потенциально патогенных для *A. rubens* бактерий, полученных с их покровов. Работа поддержана грантами РФФИ №04-04-49069 и 04-04-49342.

**Кудрявцев И.В., Дьячков И.С., Канайкин Д.П., Харазова А.Д., Полевщиков А.В.\*** Оценка сезонных влияний на параметры защитных реакций морской звезды *Asterias rubens*

\* ГУ НИИ экспериментальной медицины РАМН, Санкт-Петербург

Считается, что факторы окружающей среды способны воздействовать на параметры защитных реакций позвоночных и беспозвоночных животных. Основной задачей проведенного исследования была оценка влияния сезонных факторов на клеточные реакции врожденного иммунитета морской звезды *A. rubens*. С этой целью было отобрано 360 неповрежденных морских звезд, которые в конце июня, в конце июля и в конце августа были иммунизированы 1 мл 2% суспензией эритроцитов человека (ЭЧ). Контрольные группы на всех сроках получали равный объем 0,85% р-ра NaCl. В ходе эксперимента на сроках 1-120 ч после иммунизации оценивали концентрацию клеток в 1 мл целомической жидкости, способность целомоцитов к спонтанной и зимозан-индуцированной продукции активных форм кислорода (супероксиданион,  $O_2^-$ ), а также метаболическую активность целомоцитов (по данным МТТ-теста).

Увеличение концентрации клеток на сроках 1-3 ч в ответ на введение ЭЧ было стереотипным ответом вне зависимости от месяца иммунизации. Особенно высокий прирост числа циркулирующих целомоцитов отмечался у животных в июне. Другой общей чертой было наличие как минимум трех приростов числа клеток на сроках 9-120 ч, однако в августе наблюдали только первый пик численности клеток, два других не были выраженными. В контрольных группах также наблюдали сходные флюктуации концентрации клеток, которые имели наибольшую амплитуду в июне. Спонтанный НСТ-тест выявил повышенную способность к продукции  $O_2^-$  целомоцитами животных интактной группы до иммунизации в августе, что свидетельствует об увеличении удельной ферментативной активности целомоцитов на фоне снижения их общего числа в циркуляции. Несмотря на это, после иммунизации ЭЧ на всех сроках наблюдения показатели августовской группы были в 1,5-4 раз ниже аналогичных показателей июньской группы. В июне и июле наблюдали повышение спонтанной продукции  $O_2^-$  на сроках свыше 48 ч после иммунизации ЭЧ, что совпадало с приростом метаболической активности клеток (МТТ-тест) на этих сроках. Для стимулированной продукции  $O_2^-$  вне зависимости от месяца иммунизации характерно усиление синтеза  $O_2^-$  на сроках 1 и 48 ч, последнее может быть связано с пополнением пула НСТ-позитивных клеток за счет выхода новых клеток в циркуляцию. При исследовании титров гемагглютининов было показано, что максимальная концентрация этих факторов наблюдается в июне, в то время как в августе эти факторы представлены в целомической жидкости не более чем 10% обследованных животных. Следует отметить, что если в динамике клеточных факторов удастся выявить некоторые общие закономерности между разными месяцами, то динамика гуморальных факторов в опыте и контроле почти совпадала в каждом месяце в отдельности, но отличалась от других месяцев иммунизации. Это косвенно подтверждает наши данные предыдущих лет, указывавших на связь гуморальных факторов целомической жидкости скорее с реакцией на повреждение покровов, чем с ответом на введение ЭЧ. Полученные данные свидетельствуют о том, что сезонные факторы оказывают прямое влияние на клеточные защитные реакции *A. rubens*. Максимальные амплитуды изменений показателей активности клеток в июне могут быть связаны с подготовкой животных к размножению. Снижение температуры окружающей среды ведет к снижению титра агглютининов и уменьшению числа циркулирующих клеток на фоне повышения их удельной ферментативной активности. Работа поддержана грантами РФФИ №04-04-49069 и 04-04-49342.

**Кулакова М.А., Елисеева Е.В., Андреева Т.Ф.** Постларвальная экспрессия постериорных Нох-генов *Nereis virens* и *Platynereis dumerilii* (Polychaeta; Annelida; Lophotrochozoa)

Современное представление о филогении Bilateria во многом сложилось

благодаря анализу дивергенции постериорных Нох-генов. Последовательности класса Post1 и Post2 «маркируют» ветвь Lophotrochozoa и изучение закономерностей их экспрессии необходимо для понимания принципов молекулярной и морфологической эволюции. Неосвещённость функций этих генов для большинства представителей Lophotrochozoa определила тему данного исследования и сделала полученные данные приоритетными. В нашей работе, на примере двух видов эррантных полихет – *Nereis virens* и *Platynereis dumerilii* – показана экспрессия двух постериорных Нох-генов – Post1 и Post2. Несмотря на морфологическую разницу, эти виды имеют принципиально сходный тип развития и паттерны экспрессии гомологов их постериорных Нох-генов оказались практически идентичными. Обнаружено, что NviPost1 и PdPost1 утратили классическую для Нох-генов функцию аксиального паттернинга и не участвуют в процессах роста и развития ювенильных червей. Начальная экспрессия NviPost2 и PdPost2, напротив, оказалась сопряжена с развитием постериорных дефинитивных структур (пигидиальная лопасть, анальные цирры, зона роста, нервная система постериорных сегментов). Спецификация задних отделов тела – характерная функция AbdB-подобных генов Нох класса. Консерватизм данной функции описан в масштабах таксономической категории Bilateria. Post1 и Post2 демонстрируют пример дивергенции генной функции, при которой, одна из гомологичных генов уходит из ортодоксальной регуляторной сети и становится коопцитарным, а другой сохраняет первичную, глубоко консервативную связь с up-stream и down-stream генами.

**Новикова Е.Л., Андреева Т.Ф.** Анализ экспрессии Нох гена *Nvi-lox5* в ларвальном развитии полихеты *Nereis virens*

*Нох* гены кодируют транскрипционные факторы и являются ключевыми детерминаторами векториальной позиционной информации у всех билатеральных животных. Современная филогения выявляет три ветви билатеральных животных: две ветви первичноротых – Ecdysozoa и Lophotrochozoa и ветвь вторичноротых животных - Deuterostomia. Существует множество данных о функциях *Нох* генов у представителей Ecdysozoa и Deuterostomia. Однако у представителей Lophotrochozoa функция *Нох* генов изучена явно недостаточно. Понимание механизмов функционирования *Нох*-генов у лофотрохозойных животных, различающихся по принципам организации тела (сегментированное тело или нет) и по характеру раннего развития (прямое развитие или нет), могут прояснить основы создания морфологического разнообразия среди таких различных типов животных, как Аннелиды, Моллюски, Плоские черви, Немертины и ряд других. Полихеты (тип Аннелида) относят к наиболее анцестральным представителям лофотрохозойных животных. Гомономно-сегментированные Полихеты, к которым относится объект наших исследований *Nereis virens* – базальные представители этого подтипа животных. Лаборатория экспериментальной

эмбриологии, где была выполнена эта работа, занимается изучением экспрессии *Hox* генов в развитии и при регенерации этой полихеты.

Была проанализирована экспрессия *Hox* гена *Nvi-lox5* в ларвальном развитии *Nereis virens*. Основным методом изучения являлся метод гибридизации *in situ* на тотальных препаратах (WMISH). Принцип метода заключается в выявлении зоны экспрессии гена в личинке *Nereis virens* посредством гибридизации мРНК гена с РНК-зондом, содержащим дигоксигениновую метку. Локализация двунитевых гибридов детектируется антителами к дигоксигенину. Сбор и фиксация личинок осуществлялись в июне-июле 2003 года на МБС СПбГУ, о. Средний.

Экспрессия *Nvi-lox5* детектируется уже на стадии ранней трохофоры (54 часа) в двух клетках на дорзальной стороне личинки. Несколько позднее домены экспрессии расширяются в anteriорном направлении и, по-видимому, охватывают зону формирующегося третьего сегмента. В это же время на вентральной стороне возникает экспрессия в нескольких клетках, локализованных по срединной линии. Этот домен исчезает через несколько часов.

На стадии поздней трохофоры экспрессия *Nvi-lox5* охватывает всю область будущего третьего сегмента. В метатрохофоре экспрессия детектируется также на вентральной стороне второго ларвального сегмента. На стадии поздней нектохеты *Nvi-lox5* продолжает экспрессироваться в вентральной части третьего ларвального сегмента и кольцевой домен экспрессии появляется в зоне роста.

Судя по характеру экспрессии, *Nvi-lox5* принимает участие в спецификации третьего ларвального сегмента личинки *Nereis virens*. Начало его экспрессии соответствует моменту закладки материала для формирования третьего сегмента. На более поздних стадиях область экспрессии охватывает весь третий сегмент. Более поздняя экспрессия во втором и третьем сегментах, по-видимому, связана со спецификацией нервных ганглиев CNS.

### **Харин А.В., Костюченко Р.П.** Регенерация у *Nais communis*

Для большинства беспозвоночных, размножающихся поперечным делением характерны высокие способности к регенерации. Часто отмечается значительное морфологическое сходство этих двух процессов и высказывается предположение о том, что они имеют общие клеточные источники.

Объектом наших исследований является *Nais communis* (Oligochaeta). Ранее для этого вида нами было описано бесполое размножение по типу паратомии. Гистологические и ультраструктурные данные позволяют предполагать, что дедифференцирующиеся клетки покровного эпителия являются основным источником развития недостающих структур. Проверка этого предположения требует применения методов избирательного выявления ДНК делящихся клеток на разных стадиях восстановительных процессов. Однако ранние стадии бесполого размножения плохо различимы внешне и,

следовательно, труднодоступны. В качестве объекта данного исследования целесообразно использовать регенерирующих червей *Nais communis*. Однако сначала необходимо охарактеризовать в целом регенерацию у данного вида.

Нами показано, что данный вид обладает хорошо выраженной способностью как к передней, так и задней регенерации. При передней регенерации через 1.5 - 2 ч. после операции (при температуре 19 – 22°C) происходит эпителизация раны. Раневой эпителий состоит из клеток, лежащих более плотно по сравнению с обычным эпителием. Одновременно происходит процесс замыкания кишечника. Спустя 3 - 4 ч. после операции начинается выселение отдельных клеток под раневой эпителий. Значительное увеличение числа этих клеток происходит спустя 19 - 22 ч. после начала эксперимента, при этом образуется типичная регенерационная бластема. Одновременно клетки раневого эпителия из уплощенных становятся столбчатыми, количество ядер на единицу поверхности сильно увеличивается. За первые – вторые сутки бластема достигает размеров двух головных сегментов. На третьи сутки происходит обособление зачатков головного ганглия, глотки и ротового отверстия. На четвертые - шестые сутки происходит дальнейшая дифференцировка этих структур и обособление новых зачатков. На 8-й день регенерат одновременно подразделяется на несколько сегментов. При удалении головных сегментов и одного – трёх сегментов тела или только головных сегментов всегда восстанавливаются только головные сегменты, причём в количестве трёх, то есть регенерация является гипоморфной (видоспецифичное число головных сегментов – четыре). При удалении трёх и меньше головных сегментов общее число головных сегментов после завершения регенерации составляет четыре или три.

При задней регенерации заживление раны с образованием раневого эпителия, замыкание кишки и образование бластемы происходит также, как и при передней. У фрагментов, содержащих более 10 старых сегментов тела спустя 8 - 10 дней полностью формируется пигидиальная область, и начинают последовательно образовываться сегменты, неотличимые от старых. У более коротких фрагментов образование новых сегментов может происходить быстрее, но они отличаются меньшими размерами и недоразвитием хлораогенной ткани.

Работа поддержана грантом КЦФЕ № А04 2.12-195.

**Шапошникова Т.Г., Павлов А.Е.** Получение фракции тестальных клеток, окружающих ооциты, у асцидии *Styela rustica*

Ооцит асцидии окружен двумя слоями клеток: слоем фолликулярных клеток, крепящихся к яичевой оболочке, и слоем тестальных клеток. Тестальные клетки, или калиммоциты, обнаружены только лишь у представителей класса асцидий. Мнения специалистов относительно выполняемых ими функций расходятся. Одна из гипотез предполагает, что они выделяют продукты, участвующие в формировании личиночной туники,

создающей надежную защиту самой уязвимой стадии жизненного цикла асцидии. Ранее нами были получены антитела против двух мажорных белков 26 и 47 кДа морулярных клеток (одного из типов клеток крови, участвующих в задубливании туники) асцидии *Styela rustica* (Stolidobranchia, Tunicata). При окрашивании срезов тела этими антителами обнаружилось, что помимо самих морулярных клеток метятся и антигены, находящиеся в тестальных клетках яйца в гонаде. Т.о., возникла потребность в получении чистой фракции тестальных клеток, что и явилось задачей настоящей работы. Было опробовано несколько вариантов выделения. Наиболее удачным оказалось механическое отделение фолликулярных клеток в результате мягкого пипетирования с последующим разрушением хориона в гомогенизаторе и разделением полученной суспензии клеток и желточных гранул в трехступенчатом градиенте Перколла. В результате удалось получить достаточно чистую фракцию тестальных клеток с незначительными вкраплениями желтка. Проведено разделение белков тестальных клеток в условиях SDS-электрофореза. В белковом спектре присутствуют несколько групп белков с молекулярными массами в пределах от 30 до 180 кДа. Белки, сходные по молекулярным массам с мажорными белками морулярных клеток, не выявлены.

**Эрлих Г.\*, Ересковский А.В.** Современные методы исследования губок в качестве потенциальных моделей для создания новых биоматериалов

\*Max-Bergmann-Center of Biomaterials, Institute of Material Science, Dresden University of Technology, D-1069 Dresden, Germany

Губки (Porifera) в материаловедческом аспекте представляют собой уникальные организмы, у которых на разных стадиях онтогенеза можно наблюдать процессы, связанные с дифференциацией клеток, синтезом биоминералов, образованием структур с эластичными свойствами и формированием гибкого скелета. Наличие у губок широкого спектра биологически активных соединений, включая антибиотики, пептиды, стероиды, пигменты, большинство из которых интегрировано на молекулярном уровне в скелетообразующие структурные компоненты, лежит в основе создания новых биофункциональных материалов.

К наиболее перспективным в этом отношении представителям Porifera авторы относят «роговых» (Verongidae) и стеклянных (Hexanellidae) губок. Результаты предварительных исследований отчетливо показали, что в основе скелетного каркаса этих губок лежат фибриллярные коллагеноподобные белки. У «роговых» губок фибриллярный белок находится внутри органического цилиндра, который в свою очередь, покрыт нанослоем хитина. Для типичного представителя стеклянных губок – *Hyalonema* sp. характерно наличие сложноорганизованного фибриллярного белкового каркаса, являющегося шаблоном для синтеза биосиликатов, детерминирующих прочностные свойства губочных стекловолокон. Авторами предлагается следующая схема применения различных физических и физико-химических методов анализа

структурных компонентов губок, которую можно эффективно использовать на всех этапах онтогенеза исследуемого организма.

1) Анализ фрагмента натуральной губки (жеммула, личинка, взрослая особь): взвешивание образца на микровесах; оптическая, электронная сканирующая (SEM, ESEM), конфокальная лазерная (LSM), трансмиссионная (TEM) и голографическая (FEG/TEM) микроскопии, совмещенные с элементорганическим анализом (EDX). Для исследования природы минеральных составляющих применяется инфракрасная спектроскопия (FTIR) и рентгеноструктурный анализ (XRD).

2) Деминерализация исследуемого фрагмента губки: эффективным реагентом, приводящим к постепенному выщелачиванию минеральной фазы на фоне сохранения органического скелета, является 2.5 М раствор NaOH (при 37°C в течение 7 суток).

3) Экстракция и выделение минерально-щелочной фазы: фильтрование, центрифугирование, диализ, лиофилизация. Качественный и количественный мониторинг исследуемых компонентов проводится с помощью спектрального (UV/VIS) и инфракрасного (FTIR) анализов и тонкослойной хроматографии (TLC).

4) Анализ фрагмента деминерализованной губки: сравнительные аналитические процедуры проводятся аналогично п. 1.

Предлагаемый авторами аналитический подход к исследованию губок как биоматериалов позволяет получить обширную научную информацию по нано- и микроморфологии скелетообразующих структур на различных стадиях развития исследуемого организма, может быть эффективно применен при конструировании, синтезе и нанодизайне моделей фибриллярных биоматериалов для биомедицины и имплантологии.

*Эрлих Г.\**, *Ересковский А.В.*, *Дроздов А.Л.\*\** Исследование глубоководных кораллов семейства Isididae в качестве потенциальных моделей для создания новых биоматериалов

\*Max-Bergmann-Center of Biomaterials, Institute of Material Science, Dresden University of Technology, D-01062 Dresden, Germany;

\*\*Институт биологии моря ДВО РАН (Владивосток)

Глубоководные кораллы семейства Isididae (Anthozoa: Gorgonacea) представляют большой интерес в связи с особенностями строения их минерального скелета. В морфологическом отношении сегменты тела этих кораллов (диаметром от 0.5 до 3 см и длиной от 4 до 8 см) напоминают кости фаланг пальцев руки человека, а гибкие сочленения отдельных ответвлений в функциональном отношении аналогичны суставам. Актуальность изучения особенностей развития, морфологии и наноструктуры Isididae обусловлена тем, что, полученные результаты можно было бы применить в биотехнологии выращивания этих кораллов, что связано с культивированием компонентов биоимплантатов и отказом от применения синтетических материалов.

В работе исследовались различные образцы представителей Isididae из экспедиционных материалов, добытых в Атлантическом океане, Охотском и Южно-Китайском морях.

Ультратруктура поверхности, продольных и поперечных срезов коралловых сегментов исследовалась методами электронной сканирующей (ESEM, SEM), трансмиссионной (TEM) и конфокальной лазерной (LSM) микроскопии. Дисперсионный элементарный микроанализ (EDX) проводился одновременно с электронно-микроскопическими исследованиями. Анализ поверхностей исследуемых образцов проводился при помощи метода атомной силовой микроскопии (AFM, Bioscope DI/Veeco, Nanosensors-SSS). Идентификацию минеральных компонентов осуществляли методами инфракрасной (FTIR), Раман (FT-Raman) спектроскопии и при помощи рентгеноструктурного анализа (XRD). Деминерализацию образцов проводили в течение 7 суток при 37°C в стандартном растворе Osteosoft (Merck). Прочностные характеристики образцов как биоматериалов исследовались с помощью TIRA-test (Mettler AT261 Delta Range). Сравнительные аналитические исследования образцов кораллов, осуществленные вышеуказанными методами, позволили получить следующие результаты. Органический матрикс представляет собой сетчатую цилиндрическую трубку, состоящую из поперечношитых коллагеноподобных протеиновых фибрилл диаметром от 30 до 500 нм. Типичными для Isididae минеральными компонентами являются арагонит (на ранних стадиях развития) и кальцит.

Обнаруженное нами ранее явление межмембранной наноминерализации на уровне каликобластического (calicoblastic) эпителия наблюдалось во всех исследуемых образцах. Эластичность сочленений коралловых фрагментов обусловлена наличием окрашенных в коричневый цвет биополимеров полифенольной (меланины) природы, не подвергающихся минерализации. Результаты материаловедческой экспертизы позволяют отнести эти кораллы к категории материалов, применяемых в ортопедической хирургии. В связи с этим проведение дальнейших исследований специфики биоминерализации у кораллов Isididae на различных стадиях онтогенеза представляется крайне актуальным и своевременным.

**Яковлева Н.В., Горбушин А.М.\*** Гемограмма *Littorina littorea* (Gastropoda, Prosobranchia)

\*ИЭФБ РАН

Основными эффекторными элементами внутренней защитной системы моллюсков являются мобильные клетки крови – гемоциты. Помимо процессов распознавания и элиминации патогенов путем фагоцитоза или инкапсуляции гемоциты вовлечены в ряд других процессов, например формирование раковины, сезонная резорбция гонад, заживление ран. В гемолимфе подавляющего большинства изученных к настоящему времени видов моллюсков обнаружены несколько морфологических типов клеток – их число,

процентное соотношение клеток, принадлежащих к разным морфотипам, а также общую концентрацию клеток в циркуляции объединяют в понятие гемограммы. Очевидно, гемограмма отражает физиологическое состояние защитной системы моллюска, которое может существенно изменяться в зависимости от протекающих в организме процессов. Оценки основных параметров гемограммы также могут быть использованы для исследований реакции защитной системы животного на различные экспериментальные воздействия.

Целью настоящей работы является исследование гемограммы морского переднежаберного моллюска *Littorina littorea* в норме и при заражении трематодой *Himasthla elongata* (Echinostomatidae). На основании данных световой микроскопии, ультраструктурных и цитохимических исследований в гемолимфе литторины обнаружены три морфологических типа клеток: ювенильные круглые клетки, крупные зрелые гемоциты и клетки, обладающие промежуточным фенотипом. Три обнаруженных типа клеток различаются в основном ядерно-цитоплазматическим соотношением, формой и расположением ядра, а также количеством гликогена в цитоплазме. Согласно данным, полученным при исследовании популяции гемоцитов *L. littorea* при помощи бромдеоксиуридина (БрДУ), все три типа клеток представляют собой различные стадии одной линии дифференцировки – от круглого гемоцита к зрелому. Обновление популяции гемоцитов, по-видимому, происходит в основном за счет делений круглых клеток, которые являются единственным типом клеток, включающим БрДУ.

Обнаружены существенное межиндивидуальное варьирование параметров гемограммы а также сезонные изменения гемограммы и пролиферативной активности клеток гемолимфы литторин. В течение летнего сезона доля зрелых клеток в гемолимфе *L. littorea* возростала, в то же время отмечено снижение доли промежуточных клеток, количество ювенильных гемоцитов в крови литторин оставалось постоянным. Наибольшая интенсивность включения БрДУ была отмечена в июне, тогда как в июле и в августе пролиферативная активность клеток гемолимфы существенно снижалась. Однако, максимальные значения общей концентрации клеток в гемолимфе *L. littorea* были зарегистрированы дважды за сезон – в июне и в августе. Первый пик совпадал с повышенной пролиферативной активностью клеток гемолимфы, второй предположительно связан с выходом клеток из тканей после резорбции гонад по окончании сезона размножения.

Значительные изменения в гемограмме были отмечены у моллюсков, зараженных *H. elongata*. Общая концентрация гемоцитов в циркуляции, а также доля ювенильных гемоцитов у зараженных моллюсков значительно превышали соответствующие показатели для незараженных особей. Также для гемоцитов литторин, зараженных *H. elongata*, была характерна более высокая пролиферативная активность по сравнению с гемоцитами незараженных улиток того же возраста и размера. Все обнаруженные изменения в гемограмме моллюсков после заражения свидетельствуют о «ювенилизации» популяции гемоцитов хозяина под воздействием факторов, выделяемых паразитом.

Снижение таким образом иммунокомпетентности циркулирующих гемоцитов может служить одной из стратегий, используемых паразитом для взаимодействия с защитной системой моллюска хозяина.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант РФФИ № 03-04-49392-а).

*Участники IV научной сессии МБС СПбГУ*

Алексеева Л.А.	Исаков А.В.	Полякова Н.А.
Андерсон Е.А.	Канайкин Д.П.	Полякова Н.В.
Андреев В.М.	Касаткина Л.С.	Раилкин А.И.
Андреева Т.Ф.	Католикова М.В.	Рябов В.Б.
Аристов Д.А.	Квитко К.В.	Саминская А.А.
Бакаленко Н.И.	Климович А.В.	Самойлович М.П.
Балашова Н.Б.	Князев Н.А.	Синюхина А.Н.
Барбина А.А.	Козин М.Б.	Слюсарев Г.С.
Басова Л.А.	Костюченко Р.П.	Старков А.И.
Батагов А.О.	Котенко О.Н.	Старунов В.В.
Бегас О.С.	Кошелева А.Н.	Стогов И.А.
Белоусов И.Ю.	Крапивин В.А.	Стогов И.И.
Братова О.А.	Кудрявцев И.В.	Стрелков П.П.
Булыгин Д.М.	Кузнецова Е.С.	Сухотин А.А.
Буфалова Е.Н.	Кулакова М.А.	Тараховская Е.Р.
Бухвалов Ю.О.	Кулева Н.В.	Теровская Е.В.
Вербицкая А.Н.	Лайус Д.Л.	Тихомиров И.А.
Габай И.А.	Максимович Н.В.	Усов Н.В.
Гапонова И.Н.	Манылов О.Г.	Филиппов А.А.
Генельт-Яновский Е.А.	Мартынов Ф.М.	Филиппова Н.А.
Герасимова А.В.	Маслов Ю.И.	Фокин М.В.
Гимельбрант Д.Е.	Мигунова А.В.	Хайтов В.М.
Горбушин А.М.	Миронова А.П.	Харазова А.Д.
Гранович А.И.	Михайлова Н.А.	Харин А.В.
Гришанков А.В.	Мовчан Е.А.	Цитрин Е.Б.
Гуричев П.А.	Назарова С. А.	Чикадзе С.З.
Добрецов С.В.	Нестерович А.С.	Шапошникова Т.Г.
Дроздов А.Л.	Николаева Д.М.	Широкова В.Н.
Дьячков И.С.	Николаева М.А.	Шунатова Н.Н.
Елисеева Е.В.	Новикова Е.Л.	Шунькина К.В.
Ересковский А.В.	Павлов А.Е.	Эрлих Г.
Знаменская О.С.	Паутов А.А.	Ягунова Е.Б.
Иванов А.А.	Петрова Ю.А.	Яковис Е.Л.
Иванов М.В.	Полевщиков А.В.	Яковлева Н.В.
Иванова Т.С.	Полоскин А.В.	