

XI НАУЧНАЯ СЕССИЯ
МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Санкт-Петербург
2010

БИОЛОГО-ПОЧВЕННЫЙ ФАКУЛЬТЕТ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

XI НАУЧНАЯ СЕССИЯ
МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

5 февраля 2010 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Санкт-Петербург
2010

Оргкомитет XI сессии МБС СПбГУ от лица всех участников благодарит руководство и сотрудников биолого-почвенного факультета 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 Министерства Образования и Науки и Российского Фонда Фундаментальных Исследований.

Настоящий сборник тезисов докладов опубликован при финансовой поддержке биолого-почвенного факультета СПбГУ.

XI научная сессия МБС СПбГУ. Тезисы докладов. СПб., 2010. 69 с.

Редактор: М. В. Католикова.

© Биолого-почвенный факультет СПбГУ, 2010.

Уважаемые друзья и коллеги!

Научные сессии Морской биологической станции Санкт-Петербургского государственного университета проводятся с 2000 г. и стали традиционным ежегодным отчетом о научных результатах, полученных на базе МБС сотрудниками и студентами биолого-почвенного факультета университета. За прошедшие годы произошел ряд позитивных перемен в материально-техническом обеспечении станции, что положительно сказалось на развитии научных исследований универсантов и повышении уровня их работ.

Хотелось бы отметить некоторые особенности наших сессий: это их многопрофильность, охватывающая молекулярный, клеточный, организменный и биоценотический уровни исследований; активное участие в сессиях молодежи (студентов и молодых специалистов); расширение контактов и совместных исследований с коллегами из других биологических учреждений Санкт-Петербурга и Москвы.

В настоящей, уже десятой по счету, сессии приняли участие около 100 человек – универсантов и сотрудников других организаций Санкт-Петербурга, представивших доклады по актуальным направлениям современной биологии. Более половины участников – бакалавры, магистры, аспиранты и молодые специалисты. Несмотря на разновозрастной состав участников, хочется отметить, что работы, представленные на сессию универсантами и их коллегами из других биологических учреждений, свидетельствуют о высоком научном уровне проведенных исследований, многие из которых были поддержаны отечественными и международными грантами.

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

Наш оргкомитет:

Николай Владимирович Максимович (nicmax1950@mail.ru)

Андрей Игоревич Гранович (granovich@mail.ru)

Игорь Арсеньевич Стогов (igor_stogov@yahoo.com)

Фатеев Андрей Эдуардович (andrey.fateev@gmail.com)

Татьяна Григорьевна Шапошникова (matrix.evo@gmail.com)

Роман Петрович Костюченко (roman_kostyuchenko@pochta.ru)

Александр Валентинович Жук (Zhuk@AZ3788.spb.edu)

Сергей Владимирович Мыльников (Sorex.araneus@gmail)

Технический редактор сборника: Марина Викторовна Католикова
(katolikova@mail.ru)

Почтовый адрес сессии (информация и тезисы на очередной научный семинар):
mbsspbgu@yandex.ru

Содержание

Биохимия

- Кулева Н.В.** Окислительное повреждение сократительных белков беломорской мидии *Mytilus edulis* при загрязнении водной среды ионами меди 8

Ботаника

- Гимельбрант Д.Е.** Лишайники Красных книг на островах Керетского архипелага (Karelia Keretina) как инструмент охраны особо ценных природных комплексов 9

Гидробиология, Ихтиология

- Букина М.В., Иванов М.В.** К оценке стабильности ресурсов морской травы *Zostera marina* L. в Белом море – современный этап 11

- Герасимова А.В., Кузнецова Е.К.** О многолетней стабильности пространственного распределения макробентоса на участке верхней сублиторали в районе Керетского архипелага (Белое море) 13

- Ершов П.Н.** Кариотип проходного сига *Coregonus lavaretus pidschian* (Gmelin) р.Северная Двина (бассейн Белого моря) 16

- Малышев А.Е., Шунькина К.В., Полоскин А.В.** Скорость роста молоди трёхиглой колюшки (*Gasterosteus aculeatus*) в различных географических точках вершины Кандалакшского залива Белого моря 17

- Мингазов Н.Д., Вакатов А.В., Мартынова Д.М.** Особенности суточного вертикального распределения рачков разных генераций *Pseudocalanus minutus* (Copepoda: Calanoida) в Белом море 19

- Назарова С.А., Максимович Н.В., Генельт-Яновский Е.А.** Линейный рост *Masoma balthica* на Мурмане: географическая или биотопическая неоднородность? 21

- Полякова Н.В., Слесарев Н.А.** Сезонные многолетние исследования зоопланктона на скальных ванн Керетского архипелага Белого моря 22

- Смагина Д.С., Иванов М.В.** К вопросу о моделировании изменений в бентосных сообществах при нагрузке органическими веществами 25
- Стогов И.И.** Структурно-функциональные характеристики макрозообентоса и роль личинок Sialidae (Insecta, Megaloptera) в сообществах зарослевой литорали малых озер Карельского побережья Белого моря 27
- Стогов И.А., Мовчан Е.А.** Зоопланктон наскальных ванн Балтийского, Баренцева и Белого морей 29
- Фатеев Д.А., Чужекова Т.А., Стогов И.А.** Структурные характеристики макрозообентоса нижнего течения реки Летняя (Карельский берег Белого моря) 31
- Филиппова Н.А., Максимович Н.В.** Сообщества макробентоса мягких грунтов как характерный элемент биоты осушной зоны Белого моря и как объект полевых исследований 33

Зоология беспозвоночных

- Братова О.А.** Синонимия северных видов рода *Henricia* (Echinodermata, Asteroidea) по Ф.Д. Мадсену и А.М. Дьяконову 36
- Горожанина Е.М., Гречина Д.С., Старунов В.В.** Строение заднего конца тела у полихет *Nereityra punctata* (Hesionidae) 38
- Крупенко Д.Ю.** Мышечная система личинок гермафродитного поколения нескольких видов трематод 39
- Лоскутова З.И., Михайлова Н.А., Гранович А.И.** Анализ межпопуляционных и внутривидовых различий формы раковины у представителей видового комплекса «*saxatilis*» (Mollusca: Caenogastropoda) методами геометрической морфометрии 41
- Нефедова Е. А., Тихомиров И. А.** Анализ спикул скелета кальциевой губки *Syson* sp.(Calcaronea) из аквариальной культуры 43
- Раилкин А.И., Шилова О.А. Ефимова Л.Н., Гуменная М.А., Клименко Н.С., Серов В.Г., Чикадзе С.З., Гагаринова Н.Г., Никитин О.М., Манылов О.Г., Савельев Ю.В., Шевченко В.В.** Разработка противoadгезионной экологически безопасной защиты от морского обрастания 44

Старунов В.В., Лаврова О.Б. Серотонинэргические клетки в брюшной нервной цепочке полихет *Nereis virens* (Nereididae) и *Phyllodoce groenlandica* (Phyllodocidae) 46

Хайтов В.М., Патрушева А.О., Полоскин А.В., Слуцкая С.А. 47
О возможности реконструкции многолетних изменений в сообществах мидиевых банок на основе анализа останков мертвых организмов

Физиология и биохимия растений

Маслов Ю.И., Тараховская Е.Р. Фотосинтез некоторых макрофитов литорали Белого моря 50

Тараховская Е.Р., Билова Т.Е., Маслов Ю.И. 51
Содержание пероксида водорода и пероксидазная активность в тканях макрофитов пор. *Fucales*

Тараховская Е.Р., Маслов Ю.И., Раилкин А.И. 54
Влияние гидродинамического режима и ряда физиологически активных веществ на рост и прикрепление к субстрату эмбрионов *Fucus vesiculosus* L. и *Fucus edentatus* De la Pyl. (Phaeophyta)

Цитология, Гистология, Эмбриология

Бабаханова Р.А., Смирнова Н.П., Кондакова Е.А., Стрекаловский И.В., Костюченко Р.П. 56
Влияние ингибитора активации MAPK U0126 на развитие моллюска *Testudinalia tessellata*

Борисенко И.Е., Ересковский А.В. 57
Ультраструктура тентакулярного аппарата личинки *Bolinopsis infundibulum* (Stenophora, Lobata)

Борисова Е.А., Яковлева Н.В., Горбушин А.М. 60
Характеристика нового лектина С-типа гемоцитов *Littorina littorea*

Гонобоблева Е. Л., Ефремова С. М. Половые клетки у губок 61

Мушников Н.В., Адонин Л.С., Шапошникова Т.Г. 62
Сравнение структур, связывающих антитела к мезоглеину, в гонадах двух представителей сцифоидных *Lucernaria quadricornis* и *Aurelia aurita* (Cnidaria)

Обухов Д.К., Королева Т.В., Обухова Е.В., Пущина Е.В., Салман Асмаа. Формирование структуры ЦНС на раннем этапе постнатального развития кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walb., 1792) 62

Пухов К.А., Кудрявцев И.В., Жахов А.В., Дижее Г.П., Полевщиков А.В. Получение и исследование функциональной активности компонентов комплемента С3 и С3а в межвидовых гетерогенных системах 65

Сухачев А.Н., Кудрявцев И.В., Пухов К.А., Лямина И.В., Полевщиков А.В. Влияние компонентов каскада комплемента и цитокинов на функциональную активность целомоцитов морской звезды *Asterias rubens* 66

Участники XI Научной сессии МБС СПбГУ

Кулева Н.В. Окислительное повреждение сократительных белков беломорской мидии *Mytilus edulis* при загрязнении водной среды ионами меди

Загрязнение водной среды ионами меди вызывает окислительный стресс и карбонилирование белков жабр и пищеварительной железы моллюсков (McDonagh et al., 2005, *Aquat. Toxicol.*, 73: 315-326). Хотя медь является необходимым элементом для мидий *Mytilus* spp., в больших концентрациях она чрезвычайно токсична и может вызывать патологические изменения в пищеварительной, мышечной и репродуктивной системах (Calabrese et al., 1987, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 44: 680-684). Задачей представленной работы было изучение структурных и функциональных изменений в сократительных белках мышц беломорских мидий *Mytilus edulis*, выдержанных в течение 6 дней в морской воде с хлоридом меди концентрации 5 мг/л. Ранее было показано, что актин жабр мидий является главной мишенью карбонилирования (образования =C=O-групп) при смешанном загрязнении водной среды. Наша работа проводилась в лабораторных условиях морского аквариального комплекса СПбГУ (зав. д.б.н. Раилкин А.И.). После экспозиции мидий с ионами меди из мышц ног и аддукторов раствором высокой ионной силы были экстрагированы сократительные белки, методом SDS-электрофореза проанализирован состав экстракта, а методом иммуноблоттинга выявлены белки-мишени карбонилирования.

Основной сократительный аппарат мышц мидий представлен миофибриллами, состоящими из саркомеров. Сокращение мышцы связано с входением тонких (актиновых) нитей саркомера в систему толстых миозиновых нитей. Это скольжение тонких нитей относительно толстых определяется взаимодействием головок составляющих толстые нити молекул миозина с молекулами актина в тонких нитях в присутствии АТФ. Биохимические стадии гидролиза АТФ в ходе циклического взаимодействия миозиновых головок с актином сопровождаются изменениями структуры обоих белков. Поэтому сохранение нативной структуры белков является условием образования функционального актомиозинового комплекса во время мышечного сокращения. В нашей предыдущей работе было показано, что выдерживание мидий в хлориде меди 5 мг/мл в течение 6 дней снижает двигательную активность мидии как целого организма (Кулева и др., 2008, *Вестн. С.-Петербур. ун-та*, вып.3: 83-88). В настоящей работе было выявлено увеличение карбонилирования актина, тропомиозина, фрагментов миозина и парамиозина при экспонировании с ионами меди.

Способность актомиозинового мотора осуществлять движение может быть продемонстрирована непосредственно при тестировании подвижности *in vitro*, на уровне одиночных молекул миозина и актиновых нитей. Для этого фрагменты молекул миозина из мышц кролика, так называемый тяжелый меромиозин, иммобилизуют на поверхности стекла, на них наносят окрашенные флуоресцентным красителем нити актина, и при добавлении АТФ наблюдают скольжение этих нитей по поверхности стекла. В представленной работе был использован также очищенный актин из ног и аддукторов мидий после полимеризации его с фаллоидином и осаждения в ультрацентрифуге (Vikhoreva et al., 2009, Arch. Biochem. Biophys., 491: 32-38). В этом препарате актина содержатся не только нити актина, но и другие молекулярные формы, в том числе его фрагменты и олигомеры. В работе помимо уже упомянутого увеличения карбонилирования актина из мышц ног обработанных хлористой медью моллюсков, показано появление его карбонилированных фрагментов и олигомеров. Идентифицированные посредством электрофореза и иммуноблоттинга различные структуры карбонилированного актина могут представлять собой биомаркеры различных стадий индуцированного окислительным стрессом патологического процесса в мышечной ткани беломорских мидий. Что же касается функциональных свойств актина, то индуцированное ионами меди карбонилирование приводит к снижению скорости скольжения актиновых нитей на 22% и уменьшению количества движущихся нитей, что соответствует отмеченному снижению двигательной активности мидий.

Ботаника

Гимельбрант Д.Е. Лишайники Красных книг на островах Керетского архипелага (Karelia Keretina) как инструмент охраны особо ценных природных комплексов

Всем известно, что региональные и федеральная Красные книги являются законодательным документом, призванным служить делу охраны редких видов растений и животных. Однако через охрану совокупности видов различных систематических групп можно преследовать не менее важную цель сохранения уникальных особо ценных («биологически ценных») сообществ, к которым эти виды приурочены. Это, естественно, возможно только в случае, когда составление списков нуждающихся в охране видов проведено с учетом их приуроченности к таким сообществам.

Второе издание Красной книги Республики Карелия (Красная..., 2007) содержит дополненный и количественно вполне

репрезентативный список нуждающихся в охране представителей лишайнофлоры, насчитывающий 109 видов лишайников и калициоидных грибов. Таким образом, в Красную книгу включено 9,8% от известной лишайнофлоры Карелии, насчитывающей 1108 видов лишайников и калициоидных грибов (Фадеева и др., 2007).

К настоящему времени на Керетском архипелаге, островах губы Кив и прилегающей части материкового побережья обнаружено 502 вида лишайников и калициоидных грибов. В их числе 31 вид лишайников, включенных в Красную книгу Республики Карелия (28,7% видов, охраняемых в Карелии). Это всего 6,2% лишайнофлоры Керетского архипелага. Большинство видов (18) лесные обитатели. К старовозрастным ненарушенным еловым, сосновым и смешанным лесам приурочено 11 видов: *Arthonia vinosa* Leight., *Bryoria fremontii* (Tuck.) Brodo & D. Hawksw., *Calicium lenticulare* Ach., *Chaenotheca gracillima* (Vain.) Tibell, *C. stemonea* (Ach.) Müll. Arg., *C. subroscida* (Eitner) Zahlbr., *Cyphelium karelicum* (Vain.) Räsänen, *Evernia divaricata* (L.) Ach., *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., *Lobaria scrobiculata* (Scop.) DC., *Ramalina thrausta* (Ach.) Nyl. Из перечисленных видов 2 (*Bryoria fremontii* и *Lobaria pulmonaria*) внесены в Красную книгу Российской Федерации (Красная..., 2008). С особо ценными нелесными местообитаниями связано 9 видов, из которых на скалах и крупных камнях встречаются *Aspilidea myrinii* (Fr.) Hafellner, *Ophioparma lapponica* (Räsänen) Hafellner & R. W. Rogers, *Stereocaulon symphycheilum* I. M. Lamb, на прибрежных камнях в зоне супралиторали – *Physcia phaea* (Tuck.) J. W. Thomson, на камнях на лудах – *Brodoa intestiniformis* (Vill.) Goward, на почве в тундроидных сообществах луд – *Alectoria sarmentosa* (Ach.) Ach. ssp. *vexillifera* (Nyl.) D. Hawksw., *Lichenomphalia hudsoniana* (H. S. Jenn.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys, на разнообразных субстратах на побережьях (преимущественно на плавнике) – *Hypogymnia bitteri* (Lyngé) Ahti и *Ramalina subfarinacea* (Nyl. ex Cromb.) Nyl.

К числу лесных лишайников, в пределах исследуемой территории не связанных жестко со старовозрастными сообществами, относятся 7 видов: *Bryoria nadvornikiana* (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw., *Melanelia subaurifera* (Nyl.) Essl., *Nephroma bellum* (Spreng.) Tuck., *Peltigera degenii* Gyeln., *Pertusaria coronata* (Ach.) Th. Fr., *Psilolechia clavulifera* (Nyl.) Coppins (поселяется только под комлевыми выворотами на корнях и почве) и *Vulpicida juniperinus* (L.) J.-E. Mattson & M. J. Lai. Два вида – *Ramalina dilacerata* (Hoffm.) Hoffm. и *R. roesleri* (Hochst. ex Schaer.) Hue – широко распространены в разнообразных как лесных, так и открытых местообитаниях. В антропогенных биотопах на уплотненной почве обнаружены *Peltigera elisabethae* Gyeln. и *P. venosa* (L.) Hoffm.

Наиболее широко встречаются *Ramalina dilacerata* (обнаружена на 42 пробных площадях) и *R. roesleri* (28 пробных площадей), более 10 раз (на 11–12 пробных площадях) отмечены *Alectoria sarmentosa* ssp. *vexillifera*, *Hypogymnia bitteri*, *Lobaria pulmonaria* и *Nephroma bellum*.

Таким образом, для сохранения особо ценных сообществ Керетского архипелага и его окрестностей – старовозрастных хвойных и смешанных лесов, тундроидных сообществ луд, сообществ морских побережий и скальных обнажений – наиболее значимы 20 видов лишайников Красной книги Республики Карелия. Остальные 11 видов связаны с очень широким спектром биотопов, вторичными лесами или антропогенными местообитаниями.

По нашим оценкам среди лишайников и калициоидных грибов района исследований по крайней мере 15 видов, не включенных в настоящее издание Красной книги, могут служить надежными индикаторами особо ценных сообществ. Среди них лесные виды *Alectoria sarmentosa* (Ach.) Ach. ssp. *sarmentosa*, *Chaenotheca phaeocephala* (Turner) Th. Fr., *C. subroscida* (Eitner) Zahlbr., *Chaenothecopsis fennica* (Laurila) Tibell, *Hypogymnia vittata* (Ach.) Parrique, а также обитатели побережий *Lichina confinis* (O. F. Mull.) C. Agardh и *Nephroma expallidum* (Nyl.) Nyl.

Гидробиология, Ихтиология

Букина М.В., Иванов М.В. К оценке стабильности ресурсов морской травы *Zostera marina* L. в Белом море – современный этап

Морская трава *Zostera marina* L. – типичный компонент прибрежных морских экосистем северного полушария. Известно, что характеристики её обилия на протяжении всего ареала вида подвержены значительным многолетним изменениям. Так, в 1960-х годах в Белом море произошла массовая гибель zostеры. В дальнейшем происходило постепенное восстановление её зарослей. Поэтому актуальной задачей является оценка многолетних изменений в распространении и обилии зарослей *Z. marina* в Белом море.

В рамках данной работы проводили оценку многолетней динамики ресурсов морской травы в прибрежных акваториях в районе МБС СПбГУ: от острова Средний (бухта Юшковка) до губы Никольская.

Картирование и сбор материала проводили в августе–начале сентября в 2003, 2005 гг. и в 2008 г (не на всем участке) по единообразной методике. Наблюдения вели с борта катера в малую воду. При визуальном обследовании вдоль побережья с помощью спутникового навигатора "Garmin" отмечали координаты начала и конца зарослей. Средняя ширина зарослей оценивалась с помощью мерной рейки. Биомассу zostеры в

типичных биотопах определяли как вес сырой (без капельной влаги) травы на 1 м². Исходя из площади зарослей и средней биомассы zostеры для каждого участка нами были рассчитаны её ресурсы (таблица).

Длина обследованного побережья составляет 40 км. Все отмеченные заросли расположены в спокойных, защищенных от волнового воздействия бухтах и губах. Величина участков дна, занятых zostерой, весьма различна – от небольших пятен диаметром в несколько метров до поясов длиной в тысячи метров. Суммарная протяженность зарослей *Z. marina* вдоль берега составила около 8,8 км или 22% от общей протяженности исследованного побережья.

Таблица. Величина ресурсов (тонны) морской травы на исследованном побережье

	2003 г.	2005 г.	2008 г.
Бухта Юшковка	4,5	3,5	3
Губа Ежевникова	0,3	0,9	0,03
Губа Летняя	45	15,9	33,4
Губа Осечкова	14,2	31,4	23,6
Всего	64	51,7	60
Пролив губа Осечкова--	0,6	3,5	-----
Губа Никольская	22,8	46,5	-----
Всего	87,4	101,7	-----

Итак, на протяжении пяти лет на изучаемом участке побережья ресурсы zostеры составили 90–100 тонн, на участке побережья от бухты Юшковка (о. Средний) до губы Осечкова – 50–60 тонн.

В небольших губах и бухтах (бухта Юшковка, губа Ежевникова) величина ресурсов zostеры от года к году варьирует в пределах тонны. В больших, протяженных бухтах и губах со сложным рисунком береговой линии, где общие ресурсы zostеры определяются большим количеством пятен, поясов и полей, размах варьирования существенно выше и может составлять до 30 тонн. Причём в губе Летняя с 2003 по 2005 гг. ресурсы zostеры уменьшаются, а с 2005 по 2008 гг. – увеличиваются, тогда как в губах Никольская и Осечкова тенденция прямо противоположная. Разнонаправленность данных трендов, по нашему мнению, свидетельствует об отсутствии общих изменений, связанных с климатическими особенностями отдельного года.

Таким образом, можно заключить, что при локальных межгодовых флуктуациях внутри отдельных губ и бухт, величина ресурсов zostеры на изученном участке побережья с 2003 по 2008 гг. остается относительно стабильной. По-видимому, процесс восстановления зарослей *Z. marina* в Белом море после предшествующей массовой гибели в 1960-х годах практически завершен.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант 09-04-01357-а).

Герасимова А.В., Кузнецова Е.К. О многолетней стабильности пространственного распределения макробентоса на участке верхней сублиторали в районе Керетского архипелага (Белое море)

В 2002–2007 гг. сотрудники кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ проводили специальные исследования закономерностей распределения макробентоса на участке песчано-каменистой с примесью ила бентали на глубинах 4–15 м у о. Матренин (Керетский архипелаг, Кандалакшский залив) (Герасимова и др., 2008). Для этого во время трех летних сезонов (2002, 2006 и 2007 гг.) собирали материал вдоль двухсотметрового троса, размеченного через каждые 20 м (11 станций). Само направление работы сформировалось под влиянием предыдущих исследований на данном полигоне, когда по результатам наблюдений 1984–1985 гг. была показана отчетливо выраженная неравномерность распределения бентоса в пределах анализируемого участка (Герасимова, Максимович, 1988). Прежде всего, это касалось доминирующих на большей части опытного полигона двустворчатых моллюсков *Arctica islandica*, не обнаруженных на глубинах менее 5–6 м и достигающих максимальных величин обилия на глубинах более 10 м, причем поселение моллюсков на данных глубинах представлено практически исключительно крупными особями – 30–40 мм. Сбор материала в эти сезоны осуществлялся немного по другой схеме - в оба года наблюдений произведены равные съемки – 25 станций, был использован и несколько иной аналитический аппарат. Весьма интересно сопоставить результаты наблюдений в 80-тые и 2000-ные годы, по возможности приведя их к одному знаменателю. Для этого из 25 станций 1984–1985 гг. были выбраны 11, приблизительно соответствующих местам сборов 2002–2007 гг. Задача данной работы заключалась в анализе многолетних изменений в пространственном распределении организмов макрозообентоса в данном местообитании.

Во все годы наблюдений (за исключением 2007 г.) на каждой станции макробентос собирали с помощью зубчатого водолазного дночерпателя (с площадью захвата $1/20 \text{ м}^2$) – по 3 пробы на станцию, в 2007 г. – с

помощью дночерпателя Петерсена (площадь захвата 1/40 м²). Для большинства представителей макробентоса проведена идентификация до вида и посчитаны величины обилия. В 1984–1985 годах группа многощетинковых червей не была идентифицирована до вида. Сравнение станций по показателям обилия организмов макрозообентоса и оценка сопряженности в распределении отдельных видов проведены с применением кластерного анализа. В качестве меры расстояния между описаниями использовано расстояние Евклида.

Для описываемого участка бентали характерно практически полное отсутствие макрофитов, поэтому далее речь пойдет только о представителях макрозообентоса.

Структурные характеристики сообщества макрозообентоса участка оказались близки аналогичным параметрам сообществ песчано-каменистых с примесью ила грунтов верхних горизонтов (до глубины 15 м) беломорской сублиторали. Всего обнаружено 86 (65 без учета многощетинковых червей) таксонов беспозвоночных, 15 из которых отмечены во все года исследований. Число видов в отдельное наблюдение колебалось от 27 (1984) до 59 (2006) таксонов. Меньшее количество обнаруженных видов в 1984–1985 гг. очевидно объясняется тем, что некоторые таксономические группы, прежде всего многощетинковые черви (за исключением *Alitta virens*) не были идентифицированы до вида. Без учета многощетинковых червей в разные годы отмечено от 25 (1984, 2007 гг.) до 40 (2006) таксонов беспозвоночных. Структура сообщества (в относительных величинах) практически не менялась в ряду наблюдений. По численности преобладали многощетинковые черви (в среднем около 60% суммарной численности макробентоса), по биомассе — двустворчатые моллюски (около 90% суммарной биомассы), причем на долю доминирующего вида *A. islandica* приходилось 54–85% суммарной биомассы макробентоса. Однако суммарная биомасса бентоса на участке снизилась почти в три раза в 2006–2007 гг. по сравнению с данными 1984–1985 гг., что в основном обусловлено падением почти в шесть раз биомассы доминирующего вида (с 956 г/м² до 162 г/м²).

В результате сравнения станций по показателям обилия таксонов в каждый момент наблюдения было выделено две–три группы, основные различия между которыми связаны с особенностями распределения в пределах участка преобладающих по численности и биомассе на станциях форм: *A. islandica*, *Alitta virens*, *Myriochele oculata*, *Serripes groenlandicus*, *Tridonta borealis* и т.д.. Выявленные различия в преобладающих по биомассе видах в полученных объединениях позволяют говорить о наличии в пределах участка по крайней мере двух сообществ: глубины более 6–7 м во все года наблюдений оккупированы сообществом *Arctica islandica*, в мелководной зоне участка доминировали разные виды:

Alitta virens (все годы наблюдений за исключением 2007-го), *Tridonta borealis* (1984, 1985, 2007 гг.), *Serripes groenlandicus* (1985, 2006, 2007 гг.), *Styela rustica* (2002 г.), *Elliptica elliptica* (2007 г.).

При изучении сопряженности в распределении в пределах участка отдельных видов макрозообентоса (при этом были использованы только виды, встречаемость которых на участке не менее 30 %) в каждый момент наблюдения нам удалось выделить весьма близкие по составу группы ассоциированных таксонов, к тому же имеющие сходное количественное распределение по глубинам: 1) формы, приуроченные в основном к мелководной зоне участка (глубины менее 6–7 м) – наиболее часто в эту группу попадали *Serripes groenlandicus* и *Tridonta borealis*; 2) формы, достигающие максимального обилия на глубинах свыше 10 м (глубоководная зона) – обычные представители данного объединения *Macoma calcarea*, *Myriochele oculata*, *Arctica islandica*, *Ophiura robusta* и *Praxillella gracilis*; 3) обитатели центральной части полигона с максимумом обилия на глубинах 8–10 м – *Hiatella arctica*, *Mya arenaria* и *Ciliatocardium ciliatum*.

Таким образом, нам удалось показать достаточно устойчивое во времени неравномерное распределение организмов макрозообентоса на изученном участке бентали. Мы попытались найти объяснение данному обстоятельству в изменчивости физико-химических характеристик донных отложений. Для этого на каждой станции в 2006 и 2007 гг. дополнительно были взяты пробы грунта на гранулометрический анализ и содержание органических веществ. Однако только в 2006 году обнаружена связь распределения отдельных видов с изменениями характеристик донных осадков (Герасимова и др., 2008). В 2007 г. аналогичные результаты получить не удалось, поскольку распределение бентоса по-прежнему происходило в значительной степени в соответствии с глубиной, а изменения гранулометрического состава донных отложений не демонстрировали подобных закономерностей. Возможно, причина расхождения итогов анализа характеристик грунта в оба сезона связана с различиями используемых в данные годы орудий сбора материала, однако методологический аспект проводимого исследования требует проведения дополнительных наблюдений.

С позиций сезонных изменений гидрологических характеристик на разных глубинах нам пока не удалось объяснить наличие в пределах участка хотя бы двух групп ассоциированных таксонов (условно мелководной и глубоководной). При этом экспериментальные исследования соленостной устойчивости доминирующих на участке моллюсков *Arctica islandica* (Герасимова и др., 2009) показали, что их концентрация в наиболее глубоководной зоне анализируемого полигона (10–15 м) могла быть связана с большей сезонной стабильностью соленостных условий в этой зоне (Примаков, 2004; Berger et al., 2003).

Ершов П.Н.¹ Кариотип проходного сига *Coregonus lavaretus pidschian* (Gmelin) р.Северная Двина (бассейн Белого моря)

¹ Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

Малотычинковый ледовитоморский сиг *Coregonus lavaretus pidschian* имеет обширный ареал и образует ряд экологических форм, в том числе в бассейне Белого моря. Помимо традиционного морфоэкологического подхода большое значение при изучении внутривидовой изменчивости сегов имеют также кариологический и другие генетические методы. Лов рыбы для исследования проводили в р. Сев.Двина в августе–сентябре 1988 и 1997 гг. Препараты хромосом приготавливали по методу колхициновых инъекций (Gold, 1974; Шеленкова, 1986). Всего проанализированы метафазные пластинки от 27 экз. сига.

Модальный кариотип сига р. Сев.Двина состоит из 9 пар двуплечих (8 пар мета- и 1 пара субметацентрических) и 31 пары одноплечих хромосом, $2n=80$, $NF=98$. Метацентрические хромосомы образуют ряд плавно уменьшающихся по длине хромосом. Субметацентрические хромосомы по размерам сходны с хромосомами первых пар метацентрического ряда. Среди одноплечих хромосом первая пара легко идентифицируется по величине. Хромосомы этой пары примерно в 1,5 раза превосходят по длине хромосомы следующей пары. Остальные одноплечие хромосомы можно также расположить в ряд плавно убывающих по длине хромосом. Среди одноплечих хромосом выявляется не менее двух пар субтелоцентрических хромосом, для которых характерна высокая изменчивость длины короткого плеча.

В кариотипе сига обнаружен гетероморфизм метацентрических хромосом первой пары. У 6 из 27 исследованных особей в хромосомных наборах отмечена одна или две крупные метацентрические хромосомы. Характерно, что изменчивость длины плеч затрагивает в основном одного из гомологов. Крупная метацентрическая хромосома первой пары по своим размерам приблизительно в 1,5 раза превышает длину гомологичной хромосомы. Такие крупные хромосомы наблюдались на метафазных пластинках с различной степенью спирализации хромосом. Вариабельность длины плеч у метацентрических хромосом первой пары выявлена и на внутрииндивидуальном уровне.

Кроме хромосом основного набора у 15 из 27 рыб (7 самок и 8 самцов) обнаружены добавочные В-хромосомы. Эти мелкие и, как правило, акроцентрические хромосомы встречались в клетках в количестве от 1 до 7 шт., однако у большинства особей их число в кариотипе составляло 1–2 шт. У всех сегов с добавочными хромосомами в наборах выявлен мозаицизм по их числу. У некоторых рыб в кариотипах наблюдались относительно крупные добавочные хромосомы. У нескольких особей

помимо типичных кариотипов обнаружены клетки с хромосомным набором $2n=79$, $NF=98$ (19 двуплечих хромосом), что свидетельствует о перестройке робертсоновского типа.

Сравнение результатов исследования с полученными ранее данными по кариотипу сига рек Кереть и Варзуга (Ершов, 1990; Ершов, Лайус, 1993) выявило сходство в структуре хромосомных наборов у проходного беломорского сига ($2n=80$, $NF=98$). У сигов всех трех исследованных популяций обнаружена хромосомная изменчивость, связанная с робертсоновскими транслокациями, гетероморфизмом метацентрических хромосом первой пары и добавочными хромосомами. У сигов рек Кереть, Варзуга и Сев.Двина отмечен внутрипопуляционный полиморфизм по В-хромосомам, а у сига р.Кереть еще и робертсоновский полиморфизм. Половых отличий по структуре кариотипа у сига не обнаружено. В работе приводятся сравнительные данные по кариотипической изменчивости сигов других подвидов *Coregonus lavaretus*.

Малышев А.Е.¹, Шунькина К.В., Полоскин А.В.¹ Скорость роста молоди трёхиглой колюшки (*Gasterosteus aculeatus*) в различных географических точках вершины Кандалакшского залива Белого моря

¹Лаборатория экологии морского бентоса (Гидробиологии), СПбГДТУ ЭБЦ «Крестовский остров»

Трёхиглая колюшка (*Gasterosteus aculeatus*) – одна из самых широкораспространенных пелагических рыб Белого моря. Показаны значительные колебания численности колюшек в Белом море в разные годы. Обилие этого вида изменялось от 250 экз./м² до нескольких десятков экземпляров (Летопись Кандалакшского Государственного Заповедника, 2008; Ivanova et al., 2009).

Принято считать, что предпочтительными местами обитания для колюшек являются заросли *Zostera marina*. Это растение может служить надёжным укрытием для рыб и их гнезд (Ivanova et al., 2009).

Несмотря на то, что *G. aculeatus* – важный компонент литоральных сообществ, в литературе присутствуют лишь немногочисленные данные о скорости роста взрослых колюшек, а темпы роста молоди до сих пор остаются малоизученными (Зюганов, 1991; Иванова и др., 2007). В связи с этим, целью данной работы было исследование и сравнение темпов роста мальков трёхиглой колюшки в различных биотопах в вершине Кандалакшского залива Белого моря.

Материалом для данного исследования послужили сборы 30 экспедиции ЛЭМБ ГИПС (гидробиологии), проведенной на территории Кандалакшского государственного природного заповедника в июле–

августе 2009 г. Сборы проводились в трех близкорасположенных точках: на литорали Южной губы острова Ряжков (1), в эстуарной части Южной губы о. Ряжков (2) и на литорали Девичьей луды (3).

1 – широкий пологий берег, в нижнем горизонте которого располагаются плотные заросли *Z. marina*, покрытые нитчатыми водорослями.

2 – во время отлива представляет из себя сеть небольших литоральных луж, связанных между собой протоками, соленость воды в которых составляет не более 3‰.

3 – большие литоральные лужи, где встречаются отдельные куртины *Z. marina*.

Мальки колюшек отлавливались с помощью сачка с ячейкой 1 мм. Отлов мальков происходил раз в три дня (начиная с 15 июля и оканчивая 22 августа) в каждой из точек. Все пойманные рыбы были сфотографированы вместе с масштабной линейкой. По полученным фотографиям измерялась длина (без учета хвостового плавника) 40 случайно выбранных рыб из каждой пробы с помощью инструмента «линейка» в программе Adobe Photoshop. Кроме того, в каждой пробе были выбраны и отдельно измерены самая большая и маленькая рыбы.

Было показано, что рост мальков в разных точках имеет различный характер. Результаты проведенного исследования приведены в таблице.

Таблица. Характеристики размеров молоди трехиглой колюшки в различных точках. Достоверно отличающиеся значения выделены ($p < 0,05$)

Место отлова	Южная губа, литораль (1)			Южная губа, эстуарий (2)			Девичья Луда (3)		
	Lmin (мм)	Lcp±S мм	Lma x (мм)	Lmin (мм)	Lcp±S мм	Lma x (мм)	Lmin (мм)	Lcp±S мм	Lmax (мм)
16.07.2009	5,1	6,1±0,1	8,3	6,3	6,8±0,1	12,9	5,9	8,5±0,5	10,2
19.07.2009	6,0	6,9±0,1	9,8	7,6	7,2±0,1	10,2	6,1	9,2±0,4	11,8
23.07.2009	7,1	7,2±0,1	9,5	7,0	7,5±0,3	16,3	6,6	9,9±0,4	13,6
27.07.2009	7,6	8,2±0,2	12,2	6,5	12,6±0,7	19,4	6,7	11,8±0,6	15,3
31.07.2009	8,4	9,1±0,1	13,7	7,4	10,7±0,4	24,1	6,7	12,3±0,7	18,4
04.08.2009	7,4	10,9±0,3	17,6	8,0	13,6±0,6	20,4	5,9	11,0±0,5	16,7
11.08.2009	9,6	14,5±0,4	18,2	-			9,8	13,6±0,7	20,2
22.08.2009	11,2	14,6±0,2	17,5	-			13,4	20,2±1,2	25,1

Можно отметить, что длина L_{cp} молоди трехиглых колюшек оказалась различной в первый день наблюдений во всех трех точках. В дальнейшем, вследствие неодинакового темпа роста мальков в разных районах, эти различия могут сглаживаться. Однако практически в течение всего времени исследования наибольший средний размер мальков наблюдается на участке (3). Любопытно, что только в точке (1) мы наблюдаем отчетливый равномерный и гомогенный рост мальков. Разброс между минимальным и максимальным размером мальков в стаях со временем имеет тенденцию к увеличению. Коэффициент корреляции между средним размером мальков в местообитании и дельтой между минимальной (L_{min}) и максимальной (L_{max}) длиной составил 0,73, 0,73 и 0,80 для (1), (2) и (3) точек, соответственно.

Таким образом, показано, что в одно и то же время в разных местах обитания, незначительно удаленных друг от друга, средние размеры молоди трехиглой колюшки могут значительно различаться. Размах варьирования размеров молоди колюшек повсеместно увеличивается с течением времени и с увеличением среднего размера мальков в локальных местообитаниях. Вероятно, это следствие влияния таких факторов как асинхронность нереста колюшек, различные скорость и характер роста молоди (в зависимости от условий среды, плотности поселений и состава кормовой базы), расселительные перемещения подросших мальков, выборочное выедание хищниками.

Мингазов Н.Д., Вакатов А.В.¹, Мартынова Д.М.² Особенности суточного вертикального распределения рачков разных генераций *Pseudocalanus minutus* (Copepoda: Calanoida) в Белом море

¹Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Магадан

²Зоологический Институт РАН, Санкт-Петербург

В изучении особенностей биологии планктонных копепод одним из наиболее важных вопросов является определение количества генераций, проходящих у них в течение года. Один из косвенных методов, позволяющих различить отдельные генерации – изучение размеров тела особей и сравнение их с помощью статистических критериев (Перцова, 1981, 1982).

Пробы отбирали планктонной сетью Джеди по стандартным горизонтам (0–10 м, 10–25 м, 25–50 м, 50–100 м) в течение суток дважды в полную и малую воду на суточной станции VII (о-ва Илейки, Кандалакшский залив Белого моря) 28–29.09.1997 и 1–2.07.1998 гг.; всего

было собрано и обработано 32 пробы зоопланктона. Из каждой пробы анализировали по 50 особей старших копеподитных стадий (СIII–СV): измеряли длину (L) и ширину (W) тела каждой особи и вычисляли коэффициент k (L:W). Полученные величины k ранжировали. Для установления достоверности разницы между данными по горизонтам в отдельности и по сезонам в целом применяли нормированное отклонение t (Рокицкий, 1973; Лакин, 1983). Данные об особенностях гидрологического режима в период исследований любезно предоставлены Кутчевой И.П. (ЗИН РАН). Освещенность поверхности моря в летний период менялась незначительно; чёткое чередование светлого/тёмного времени суток наблюдалась в сентябре.

Вертикальное распределение рачков СIII–СV стадий имело два максимума численности – 0–10 м и 50–100 м, соответственно. При этом рачки СIII–СV, занимавшие разные горизонты, достоверно отличались морфометрически. Мы предполагаем, что мелкие рачки, обитающие на горизонте 0–10 м – это потомки «летних» самок, а особи, занимающие горизонт 50–100 м (ниже термоклина) – это потомки самок, размножающихся в мае–июне. Рачки с нижних горизонтов уже подготовились к зимней диапаузе и потому занимают нижележащие слои воды. Уменьшение средних размеров тела объясняется тем, что летом особи проходят свое развитие при более высокой температуре воды (Перцова, 1981). Характер вертикальной миграции рачков СIII–СV стадий в сентябре был схожим: в ночные и утренние часы часть когорты поднималась из горизонта преимущественного обитания 50–100 м в вышележащие слои воды, а днем опускалась обратно. Рачки СIII–СV стадий постепенно формируют зимующий фонд *P. minutus* и переходят в состояние диапаузы, которая длится с середины октября до конца февраля (Прыгункова, 1974; Перцова, 1981).

В июле вертикальное распределение рачков СIII имело одновершинный характер с максимумом численности в слое 0–10 м. Это одна генерация, потомки самок, размножавшихся в конце мая – начале июня. Вертикальное распределение рачков CIV–СV стадий имело два хорошо выраженных максимума: 0–10 м и 25–50 м и 10–25 и 50–100 м соответственно; максимумы численности рачков CIV–СV стадий на верхних и нижних горизонтах совпадали. Характер суточного вертикального распределения указывает на то, что рачки совершали вертикальную миграцию полярного типа. Рачки CIV стадии, занимавшие разные горизонты, достоверно различались по морфометрическим критериям. Мы полагаем, что данные достоверные различия по морфометрии обусловлены изменениями температуры водных масс, в которых находились данные особи.

Авторы выражают глубокую благодарность И.П. Кутчевой. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 08-04-01691-а и 09-04-10143-к).

Назарова С.А., Максимович Н.В., Генельт-Яновский Е.А. Линейный рост *Macoma balthica* на Мурмане: географическая или биотопическая неоднородность?

Macoma balthica — типичный обитатель илисто-песчаной литорали в морях умеренной зоны Северного полушария. В Баренцевом море макомы вместе с другими представителями бореальной и бореально-арктической фауны заселяют пляжи осушной зоны в верхней сублиторали.

Материал для данной работы был собран в августе 2007–2008 гг. Всего было исследовано 7 участков — 2 в Кольском заливе (Абрам-мыс и губа Пала) и 5 на Восточном Мурмане (губы Гавриловская, Ярнышная, Дальне-Зеленецкая, Шельпино, Порчниха). На каждом участке исследовали все горизонты литорали, представленные мягкими грунтами. Пробы собирали при помощи литоральной рамки площадью захвата 1/30 м², или зубчатым водолазным дночерпателем площадью 1/20 м² (если пробы собирались из-под воды). Затем пробы промывали на сите с диаметром ячеей 1 мм, выбирали всех особей *M. balthica*, у которых измеряли длину раковины и колец зимней остановки роста с точностью 0,1 мм.

Описание линейного роста *M. balthica* проведено в пределах отдельных поселений и в масштабе Мурманского берега. Скорость роста маком сравнивали как по усредненным возрастным рядам (аппроксимированным с помощью линейной модификации уравнения Берталанффи), так и путем сравнения годового прироста моллюсков. Сравнение кривых роста было проведено при помощи анализа остаточных дисперсий (Allen, 1976). Пропорция F/F_{cr} ($F_{cr}=F$ критическое) (при уровне значимости $\alpha=0,05$, была использована в качестве индекса сходства при построении дендрограмм (Максимович, 1989).

Нами проведена классификация поселений *M. balthica* по скорости роста, причем в анализ отдельно включали выборки с различных горизонтов литорали. По итогам классификации выделено три группы выборок, причем их группировка не имеет ни географической, ни строгой мареографической трактовки. Максимальная скорость роста (в среднем около 2 мм в год) отмечена на среднем горизонте литорали губ Ярнышная и Порчниха, эти же выборки характеризуются самыми короткими возрастными рядами (8 лет), в то время как моллюски на нижнем горизонте литорали Ярнышной (а также Абрам-мыса, Пала-губы, среднего горизонта Гаврилово и верхнего в Шельпино) характеризуются низкой скоростью роста (около 1 мм в год) и большей продолжительностью жизни (до 15 лет). *M. balthica* на среднем горизонте литорали Пала-губы, нижнем горизонте в Гаврилово, верхем горизонте Ярнышной, среднем горизонте Дальне-Зеленецкой и Шельпино демонстрируют значения

скорости роста, промежуточные между двумя вышеуказанными группами, однако более сходные со второй. Таким образом, среди изученных поселений наиболее быстрорастущими и короткоживущими являются моллюски, обитающие на среднем горизонте губ Ярнышная и Порчниха.

Использование дисперсионного анализа выявило влияние всех 3 факторов (мареографического, величины начального среднего размера возрастной группы и географического) на годовой прирост *M. balthica* в 4 поселениях (Абрам-мыс, Пала-губа, Гаврилово и Ярнышная). Наибольшая доля вариации (12,49) приходится на фактор «район» и взаимодействие факторов «район» и «горизонт литорали» (22,39). Во всех местообитаниях максимальные величины годового прироста характерны для моллюсков, начальный размер которых составляет 6–9 мм. Показано, что годовой прирост на участках Восточного Мурмана больше, чем на участках Кольского залива, также годовой прирост особей на нижнем горизонте выше по сравнению с обитающими на среднем горизонте литорали. Отмеченные нами различия величин годового прироста между моллюсками из Кольского Залива и Восточного Мурмана совпадают с увеличением размера частиц грунта. Поэтому мы предполагаем, что наблюдаемые изменения ростовых процессов в географическом масштабе могут быть связаны с изменением гранулометрического состава грунта.

Полякова Н.В., Слесарев Н.А. Сезонные многолетние исследования зоопланктона на скальных ванн Керетского архипелага Белого моря

Многолетние сезонные наблюдения помогают более полно установить структуру экосистемы, проследить динамику ее развития и являются важной составляющей оценки состояния любой экосистемы. Многолетний характер наблюдений особенно уместен при исследовании гетерогенности малых водоемов, биота которых развивается в условиях резких сезонных и суточных колебаний переменных среды.

Материалом для данной работы явились сборы зоопланктона, проведенные на 24 скальных ваннах, расположенных на лудах Седловатая, Черемшиха, Медянка, Киврей и Песочная Керетского архипелага Белого моря в 2005–2007 гг. Для сравнения использованы данные 1993–1999 гг., когда в рамках комплексного мониторинга проводили подробные сезонные исследования зоопланктона. Для водоемов данного региона отмечены изменения видового состава зоопланктона по сезонам, но за весь период исследований не было выявлено изменений по отдельным ваннам. В последние годы подробные сезонные исследования приостановлены, материал отбирается 1–2 раза за

сезон, при этом интересно было показать адекватность этих данных и сравнимость с показателями сезонных съемок.

Целью работы была оценка основных структурных показателей зоопланктона наскальных ванн за разные периоды исследования. Для этого сравнивали данные 2005–2007 гг. с данными 1996–1999 гг. и общими данными за 15 лет наблюдений.

Сбор материала осуществляли фильтрацией через конус с газом №70 1–10 л воды. Фиксацию и обработку материала проводили по стандартной методике.

Всего за весь период исследования в пресноводных ваннах отмечено 32 таксона планктонных беспозвоночных, в отдельных пробах от 1 до 19. Rotifera представлены 14 видами, Cladocera – 11 видами, Copepoda – 6 видами. В нескольких ваннах встречаются личинки *Chaoborus* sp. Несмотря на высокое число видов коловраток, большинство из них характеризуется редкой встречаемостью и низкими показателями обилия. Выделен комплекс массовых видов, который включает в пресноводных ваннах 14 видов, из них 3 – Rotifera (*Rotaria* sp., *Keratella quadrata*, *Mytilina mucronata*), 9 – Cladocera (*Daphnia magna*, *Daphnia pulex*, *Daphnia longispina*, *Bosmina obtusirostris*, *Chydorus sphaericus*, *Polyphemus pediculus*, *Ceriodaphnia affinis*, *Scapholeberis mucronata*, *Acantholeberis curvirostris*), 2 – Copepoda (*Eudiaptomus graciloides*, *Acanthocyclops languides*)

За период 2005–2007 гг. количество встречаемых видов в разных ваннах меньше – 20, что связано с уменьшением количества съемок до одной в сезон. При этом все отмеченные формы вписываются в ряд наблюдений. Уменьшение числа таксонов обусловлено отсутствием многих видов с единичной встречаемостью, в первую очередь коловраток, что логично при небольшом числе съемок. Как видим, число видов ветвистоусых не изменилось. Все отмеченные ранее массовые формы присутствуют и являются массовыми.

Численность планктонных беспозвоночных в пресноводных ваннах за период 2005–2007 гг. колебалась от единиц до 30 тыс. экз./л, биомасса достигала 130 мг/л за счет массового развития дафний. Как видно из таблиц 1 и 2, показатели обилия за период 2005–2007 гг. не выходят за рамки величин, полученных за предыдущие периоды исследования, когда съёмки проводили гораздо чаще.

Высокие величины обилия объясняются хорошей прогреваемостью и высоким содержанием биогенных веществ. Высокая численность в ваннах луды Седловатая объясняется вспышками развития *Keratella quadrata*, а в ваннах луд Медянка и Киврей – представителями рода Cladocera и, в первую очередь, *Chydorus sphaericus*.

В пресноводных наскальных ваннах луд Черемшиха и Песочная численность организмов относительно невелика.

Высокая биомасса литоральных ванн луд Медянка и Киврей объясняется наличием крупных представителей рода *Daphnia*, которые в среднем могут вырасти до размера в 6 мм. Она достигается за счет наличия большого числа биогенных элементов в этих ваннах, в первую очередь за счет большого количества птичьих колоний на тих островах. В водоемах луд Седловатая, Черемшиха и Песочная биомасса не столь высока. Высокая численность в основном достигается за счет мелких форм, биомасса – за счет дафний.

Таблица 1. Средняя численность (экз./л) зоопланктона в наскальных ваннах

Годы наблюдений	Луды				
	Седловатая	Черемшиха	Медянка	Киврей	Песочная
1992 – 1995	10–890	20–370	50–540	150–550	10–330
1996 – 1999	67–981	25–224	94–455	257–305	49–378
2005 – 2007	72–445	8–174	18–689	188–485	86–442

Таблица 2. Средняя биомасса (мг/л) зоопланктона в наскальных ваннах

Годы наблюдений	Луды				
	Седловатая	Черемшиха	Медянка	Киврей	Песочная
1992 – 1995	1,0 –71,4	0,4–8,5	1,2–193,1	34,9–219,4	0,9–66,6
1996 – 1999	0,5–2,6	0,1–2,3	0,1–8,6	15,2–78,7	0,5–72,5
2005 – 2007	0,7–10,9	0,6–9,0	4,9–25,7	27,8–129,6	5,0–12,1

Итак, независимо от количества наблюдений в течение сезона, по данным 2005–2007 гг. мы получили средние величины обилия зоопланктона, сопоставимые с данными предыдущих лет. На данном этапе исследований в качестве рабочей гипотезы мы принимаем следующие положения:

1. Пресноводные ванны имеют сложившиеся сообщества планктонных беспозвоночных с преобладанием ветвистоусых ракообразных и высокими величинами обилия.

2. При всей экстремальности абиотической среды в многолетнем ряду наблюдений биосистемы наскальных ванн можно охарактеризовать как стабильные по величинам обилия организмов зоопланктона.

Таким образом, применительно к изученным экосистемам при оценке средних величин обилия организмов зоопланктона вполне допустим режим мониторинга с 1–3 съемками за сезон.

Смагина Д.С., Иванов М.В. К вопросу о моделировании изменений в бентосных сообществах при нагрузке органическими веществами

В настоящее время существует большое количество моделей, описывающих поведение биологической системы в условиях длительного воздействия стрессорных факторов среды. Имея большой массив мониторинговых данных о состоянии бентосных сообществ Белого моря, подвергшихся воздействию легко ассимилируемых органических веществ от марикультуры, мы попытались рассмотреть происходящие в них процессы, оперируя терминологическим аппаратом выбранной модели.

Материал, характеризующий бентосные сообщества, был собран в летние сезоны 1990–2000 гг. и 2008–2009 гг. Отбор проб осуществляли дночерпателем (1/40 м²) в 3 акваториях Кандалакшского залива Белого моря, где располагались хозяйства по выращиванию мидий: губа Никольская, губа Осечкова, пролив Оборина Салма, на 14 станциях по стандартной во все года методике. Установка промышленных мидиевых хозяйств в этих акваториях происходила в основном в 1988–1989 гг., к 2000 г. культивирование моллюсков на всех акваториях было прекращено, исследования 2008–2009 гг. были проведены спустя 10 и более лет после снятия нагрузки.

Организмы макрозообентоса в каждой дночерпательной пробе определяли преимущественно до вида, для каждого вида подсчитывали численность и находили суммарную биомассу. Обнаруженные в дночерпательных пробах виды были отнесены к одной из четырех трофических группировок: сестонофаги – фильтраторы, детритофаги – безвыборочные глотатели, собирающие детритофаги, плотоядные – хищники и трупоеды. На основании полученных данных для каждой станции были определены общие характеристики: число встреченных видов, суммарные величины их численности и биомассы.

Использованная нами схема поведения биосистемы в условиях постоянной нагрузки предложена Шубертом (Шуберт и др., 1988). Она подразумевает рассмотрение четырех последовательных этапов, характеризующихся определенным состоянием системы. Первый этап – устойчивое состояние сообщества до начала стрессорного воздействия, второй этап – этап избыточной реакции – ответ на воздействие, подразумевающий интенсификацию процессов обмена веществ в системе, третий этап – стабилизированное состояние, и четвертый этап – новое устойчивое состояние – адаптация системы к длительному воздействию фактора. В нашем случае оказалось необходимо к данной схеме добавить пятый этап развития системы, наступающий после снятия нагрузки и характеризующий период возврата системы к первоначальным характеристикам.

Изменения бентосного сообщества в акватории губы Никольской наиболее близки к описанной модели. В данном случае мы не можем рассмотреть первый этап развития системы в связи с отсутствием данных о состоянии сообщества до установки мидиевых хозяйств. Спустя 3–4 года после возникновения слабой органической нагрузки резко возрастает биомасса сообщества (до 420 г/м^2 , причем эту биомассу создавали большое количество видов и таксонов без выраженного доминирования, в основном мелкие полихеты – безвыборочные детритофаги) и видовое разнообразие бентосного сообщества (число представленных видов – до 38 на станцию), что характеризует наступление этапа избыточной реакции на воздействие. Наступление этапа стабилизированного состояния сообщества происходит к 5 годам после установки мидиевых хозяйств и характеризуется увеличением доли хищников и трупоедов ($19 \pm 4\%$), утилизирующих кормовую базу из мелких полихет. Через 6–8 лет сукцессии при слабой органической нагрузке сообщества губы Никольская демонстрируют адаптацию к длительному воздействию органических веществ. Для этих сообществ характерны высокие показатели биомассы ($321 \pm 81 \text{ г/м}^2$) и численности ($6316 \pm 522 \text{ экз./м}^2$). В отличие от этапа избыточной реакции, основа такой высокой биомассы – собирающие детритофаги, не только полихеты ($261 \pm 64 \text{ г/м}^2$), но и моллюски ($32 \pm 12 \text{ г/м}^2$), в основном, *Macoma calcarea*. Спустя 10 лет после ликвидации мидиевых хозяйств сообщество характеризуется уменьшением показателей биомассы ($189 \pm 51 \text{ г/м}^2$), видового разнообразия до 20 ± 1 видов на станцию. Происходит исчезновение мелких полихет, в основном, безвыборочных детритофагов (*Capitella capitata*, представители сем. Maldanidae). По-видимому, это состояние сообщества соответствует его восстановлению до исходного. Кластерный анализ, проведенный для оценки сходства станций за все года по представленности биомасс отдельных видов макрозообентоса, выделяет кластеры, соответствующие этапам модели.

На станциях губы Осечкова и Обориной салмы действие стрессорного фактора более размыто, и этапы выделяются гораздо хуже. В губе Осечкова, открытой в сторону моря, это связано с более интенсивным гидродинамическим режимом. За счет усиления процессов разноса и перемешивания воздействие органических веществ от марикультуры было значительно ниже. В Обориной салме мидиевое хозяйство существовало только 4 года и, в связи с этим, время воздействия органических веществ для проявления значимых изменений в сообществе было недостаточным.

На ковшовом участке бентали в губе Никольская непосредственно под участком марикультуры воздействие на бентос было слишком интенсивным и сукцессия изученной нами биосистемы начала регулироваться не внутренними биотическими отношениями, а

изменениями физико-химических условий среды, что нарушает условия применения схемы Шуберта. Для рассмотрения изменений бентосного сообщества в данном случае необходимо введение иной модели.

Таким образом, для возможности применения модели Шуберта к описанию изменений бентосных сообществ Белого моря в условиях нагрузки органическими веществами, необходимо не только длительное действие фактора, но и определенная (докритическая) степень его интенсивности. В условиях Белого моря характерные черты каждого этапа сукцессионных перестроек биосистем бентоса на количественном уровне можно выделить надежно только по прошествии нескольких лет, иначе бентосные сообщества не успевают отреагировать, и изменение структуры сообщества стандартными средствами наблюдений зарегистрировать невозможно. Интенсивность воздействия фактора должна быть достаточной для включения внутренних биотических регуляторных процессов, но при этом не превосходящей определенных пороговых значений, после которых регуляция происходит за счет изменения абиотических параметров среды.

Стогов И.И. Структурно-функциональные характеристики макрозообентоса и роль личинок *Sialidae* (Insecta, Megaloptera) в сообществах зарослевой литорали малых озер Карельского побережья Белого моря

Надежный количественный учет хищных водных беспозвоночных, к которым относятся и личинки насекомых сем. *Sialidae* (Megaloptera), в связи с крупными размерами и невысокой встречаемостью, непросто. Численность этих беспозвоночных зависит от воздействия позвоночных хищников, прежде всего рыб, для которых крупные личинки насекомых зачастую являются излюбленным компонентом питания. В свою очередь, основными объектами питания сиалид являются личинки хирономид и другие мелкие животные. Несмотря на их значимость в биотическом балансе водоемов различного типа, материалов, характеризующих функциональные показатели личинок этих насекомых, в литературе немного.

Целью настоящей работы является предварительная оценка роли личинок *Sialidae* в биотическом балансе малых озер Карельского побережья Белого моря. Основой послужили материалы, собранные студентами и сотрудниками кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ, с середины 80-х годов прошлого века изучающих малые водоемы Карельского побережья Белого моря, в летние вегетационные сезоны 2002–2008 гг. на водоемах, расположенных в районе МБС СПбГУ.

Для этих озеро характерен бедный видовой состав макрофитов (от 6 до 12 видов), наличие чистых и смешанных ассоциаций кубышки и ежеголовника, степень зарастания водной растительностью 15–32%; бедный видовой состав и низкие величины обилия донных беспозвоночных (от 20 до 40 видов, численность не более 2800 экз./м², биомасса не более 6,6 г/м²).

Вислокрылки *Sialis morio* обычны на глубинах 0,5-2 м, где они отмечены в 50–70% проб. Показатели обилия сиалид колеблются в широких пределах: численность изменяется от 3 до 200 экз./м², биомасса – от 0,1 до 3,6 г/м². Максимальные показатели обычно отмечаются на грунте в зарослях кубышки и ежеголовника, на порядок и более превышая численность и биомассу личинок на листьях и побегах.

Приуроченность массовых форм донных беспозвоночных, к которым в изученных водоемах относятся личинки комаров сем. Chironomidae, двустворчатые моллюски сем. Sphaeriidae и личинки вислокрылок сем. Sialidae, к определенным ассоциациям водной растительности не выражена. Большинство массовых форм – эврибионты, характерные для самых разнообразных водоемов Карелии. Выраженную приуроченность к определенным ассоциациям водной растительности, как правило, имеют редкие и малочисленные формы. Для зарослей *Fontinalis* это личинки стрекоз родов *Cordulia* и *Sympetrum*, для зарослей *Sparganium-Isoetes* – личинки поденок родов *Caenis* и *Paraleptophlebia*.

В исследованных водоемах личинкам вислокрылок свойственен унивольтинный жизненный цикл, их продукционные характеристики (удельная скорость весового роста от 0,016 до 0,025 за сутки, P/B-коэффициенты от 5,8 до 9,1 за год) обычны для водоемов умеренной зоны.

Личинки *Sialis morio* играют существенную роль в функционировании донных сообществ литорали, на их долю приходится до 70% общей биомассы зообентоса и 80% продукции хищных форм. При этом продукция зообентоса довольно низка, соответствует уровню олиготрофных водоемов (Китаев, 2007) и существенно уступает продукции зоопланктона (Стогов и др., 1989; 2001), что позволяет отнести исследованные озера в группу водоемов с планктотрофным типом круговорота веществ и энергии.

Стогов И.А., Мовчан Е.А. Зоопланктон наскальных ванн Балтийского, Баренцева и Белого морей

В рамках многолетнего мониторинга беломорских наскальных ванн островов Керетского архипелага Белого моря, проводимого на базе МБС СПбГУ с 1990 г. (Стогов и др., 1992–2008), в июле–августе 2005–2007 гг. была предпринята попытка расширить наши представления об организации биоты этих своеобразных водоемов и собран материал на островах Бол.Асафьев и Гусиный архипелага Кемь-Луды (Белое море), островах Бол. и Мал.Фискара (Балтийское море), а также на побережье бухты Дальне-Зеленецкая (Баренцево море). Пробы зоопланктона отбирали фильтрацией 2–10 л воды через планктонное сито №70, последующая фиксация и обработка материала проводилась по стандартной методике. Одновременно со сбором зоопланктона оценивали площадь, максимальную глубину и высоту расположения водоемов над уровнем моря (в отлив), а также основные физико-химические показатели воды.

В наскальных ваннах Балтийского, Баренцева и Белого морей отмечено около 60 видов планктонных беспозвоночных, в том числе: 19 видов коловраток (обычны *Brachionus calyciflorus* и *Euchlanis dilatata*), 19 видов ветвистоусых (обычны *Ceriodaphnia affinis*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia longispina*, *D.magna*, *D.pulex* и *Scapholeberis mucronata*), 16 видов веслоногих ракообразных (*Cyclops* гр. *strenuus*, *Eudiaptomus graciloides* и *Eurytemora affinis*), а также личинки двукрылых *Chaoborus* и *Culex* (таблица).

Олигомиксный характер планктонных сообществ (в отдельных водоемах отмечено от 2 до 7 форм) и довольно неоднородные величины обилия (биомассы от 0,1 до 200 мг/л в среднем за сезон) типичны не только для беломорских (Стогов и др., 2009), но и для всех исследованных водоемов. Сходна и структура зоопланктона: в пресноводных ваннах, расположенных выше 4–5 м над уровнем моря, обычно доминировали ветвистоусые ракообразные родов *Daphnia*, *Bosmina*, *Chydorus* и *Ceriodaphnia*; в водоемах, расположенных на уровне менее 3–4 м над уровнем моря и подверженных штормовым забрызгам, обычно преобладали веслоногие ракообразные родов *Eurytemora*, *Ectinosoma* и *Harpacticus*.

Таблица. Планктонные беспозвоночные на скальных ванн Балтийского, Баренцева и Белого морей

Организмы	Баренцево	Белое		Балтийское
		Кемь-Луды	Керетский	
<i>Bipalpus hudsoni</i>			*	
<i>Brachionus calyciflorus</i>		*	*	*
<i>Conochilus unicornis</i>				*
<i>C.hippocrepis</i>	*			
<i>Euchlanis dilatata</i>	*	*		*
<i>Hexarthra mira</i>	*	*		
<i>Kellicottia longispina</i>			*	
<i>Keratella cochlearis</i>			*	
<i>K. quadrata</i>	*		*	
<i>Lecane mira</i>	*			
<i>L.crenata</i>			*	
<i>L.luna</i>			*	
<i>Monommata longiseta</i>			*	
<i>Mytilina mucronata</i>	*	*	*	*
<i>Notholca acuminata</i>	*	*	*	
<i>Proales sygmoidea</i>			*	
<i>Rotaria sp.</i>			*	
<i>Trichocerca sp.</i>	*		*	
<i>Trichotria truncata</i>			*	
<i>Acahtholeberis curvirostris</i>			*	
<i>Alonella nana</i>	*		*	*
<i>Alona affinis</i>	*			*
<i>Alonopsis sp.</i>	*			
<i>Bosmina longirostris</i>	*	*		
<i>B.obtusirostris</i>			*	
<i>Ceriodaphnia affinis</i>	*	*	*	
<i>Chydorus sphaericus</i>	*	*	*	*
<i>Daphnia cristata</i>			*	
<i>D. longispina</i>	*	*	*	*
<i>D. magna</i>		*	*	*
<i>D. pulex</i>	*	*	*	*
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>			*	*
<i>Holopedium gibberum</i>			*	
<i>Leddigia leddigii</i>	*			
<i>Peracantha truncata</i>	*			
<i>Pleuroxus sp.</i>	*			
<i>Polyphemus pediculus</i>	*		*	
<i>Scapholeberis mucronata</i>	*	*	*	
<i>Acanthocyclops languidus</i>			*	
<i>A.viridis</i>	*			
<i>Arthodiaptomus sp.</i>	*			
<i>Canthocamptus staphylinus</i>		*		
<i>Centropages hamatus</i>	*			
<i>Cyclops sp. strenuus</i>	*	*		*
<i>Ectinosoma abrau</i>		*		
<i>E.neglectum</i>	*			
<i>Eudiaptomus graciloides</i>		*	*	
<i>Eurytemora affinis</i>	*	*		*
<i>E.lacustris</i>			*	
<i>Harpacticus uniremis</i>	*			*
<i>Microcetella norvegica</i>	*			
<i>Microcyclops varicans</i>			*	
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	*	*		
<i>Thermocyclops oithonoides</i>			*	
<i>Chaoborus flavicans</i>	*		*	
<i>Culex sp.</i>			*	

Фатеев Д.А., Чужекова Т.А., Стогов И.А. Структурные характеристики макрозообентоса нижнего течения реки Летняя (Карельский берег Белого моря)

Река Летняя, одна из многочисленных малых рек Северо-Запада России, общей протяженностью около 21 км, расположена в 10 км от Морской биостанции СПбГУ и является удобным объектом для комплексных гидробиологических исследований. Предметом нашего внимания стали донные ценозы нижнего течения реки, протяженностью около 2 км от ее истока из оз. Нижнее Летнее до впадения в губу Летняя пролива Глубокая салма Белого моря. На этом участке в первой половине июля 2008 года нами на 25 станциях (глубины 0,3–0,5 м) были отобраны 50 количественных проб макрозообентоса площадью 0,25 м².

Следует отметить, что река Летняя является характерным примером озерно-речных систем Карелии, протекая на своем протяжении через несколько озёр и ламб, существенно влияющих на состав донного населения данного водотока.

В ходе этих сборов нами были обнаружены представители 85 таксонов донных беспозвоночных, из которых 62 были определены до вида. По результатам кластерного анализа (кластеризация методом Варда, мера сходства – расстояние Евклида) станции объединились в 3 группы, характеризующиеся доминированием разных трофических группировок бентоса на участках реки с разной скоростью течения. При анализе видового списка при помощи программы Asterix (программа, разработанная в рамках Европейской Рамочной Водной Директивы 2000 г. как вспомогательное компьютерное обеспечение, направленное на унификацию методов исследования, применяемых в Европейском Союзе), в составе бентосных сообществ было выделено 9 трофических группировок, из которых наибольшей численностью обладают хищники, активные и пассивные фильтраторы, собиратели и соскребатели. При этом группировки активных фильтраторов и собирателей оказались сформированы, главным образом, теми формами, которые населяют озеровидные расширения реки – ламбы Нижняя и Верхняя, где скорость течения не превышает 0,3 м/с. Группировки хищников, пассивных фильтраторов и соскребателей по доминированию в сообществах постепенно сменяют друг друга по мере удаления от озерных участков к местам с быстрым течением (2–3 м/с) и каменистым дном. Расположение в русле ламб приводит к смене лотических и лентических сообществ макрозообентоса. В результате этого наблюдаются отклонения от классической схемы речного континумма Ваннота (Vannote et al., 1980), что вполне согласуется с аналогичными изменениями фитоперифитона, как было показано С.Ф. Коммулайненом (2008) для рек Карелии.

Пространственное распределение представителей разных таксонов также отражает различия в гидрологических характеристиках исследуемых участков реки. На станциях с быстрым течением сообщества макрозообентоса сменяют друг друга следующим образом: между озером Нижнее Летнее и Верхней ламбой доминируют представители Trichoptera и Diptera; между Верхней и Нижней ламбами – Trichoptera и Ephemeroptera. На наиболее протяженном каскаде реки, соединяющем Нижнюю ламбу и губу Летняя, доминирующие в бентосе таксономические группировки последовательно сменяют друг друга вниз по течению: Ephemeroptera + Trichoptera, затем Bivalvia + Diptera, далее Ephemeroptera + Diptera. Численность зообентоса на этих участках варьирует от 250 до 2650 экз./м², биомасса от 0,275 до 22 г/м², что вполне согласуется с данными И.А. Барышева (2005, 2008) для других малых рек региона. По численности в пробах преобладают личинки подёнок *Baetis rhodani* (до 425 экз/м²), ручейников *Hydropsyche angustipennis* (до 1100 экз/м²) и *Plectrocnemia conspersa* (до 1150 экз./м²). По биомассе доминируют личинки ручейников *Hydropsyche angustipennis* (до 17 г/м²), *Plectrocnemia conspersa* (до 5,4 г/м²), пиявки *Erpobdella octaculata* (до 3,9 г/м²).

В свою очередь на озеровидных расширениях с медленным течением и мягким грунтом в зообентосе доминирует сообщество Diptera + Bivalvia (29 видов хирономид и 3 вида двустворчатых моллюсков). Численность зообентоса на данных участках варьирует от 100 до 3750 экз./м², биомасса от 0,068 до 7,5 г/м². Максимальной численности достигают личинки хирономид *Procladius ferrugineus* (до 625 экз./м²), *Chironomus cingulatus* (до 2650 экз./м²) и *Tribelos intextus* (до 1375 экз./м²), а также моллюски родов *Sphaerium* (до 425 экз./м²) и *Pisidium* (до 350 экз./м²). Наибольшая биомасса отмечена у двустворчатых моллюсков рода *Pisidium* (до 6,9 г/м²).

Таким образом, на исследованном нами участке реки можно наблюдать неравномерное распределение доминирующих трофических групп, которое выражается в постепенном снижении числа хищников и увеличении числа собирателей, активных фильтраторов и соскребателей вниз по течению реки, что вполне согласуется с концепцией речного континуума Ваннота. Однако необходимо отметить, что хищные формы вносят существенный вклад в биомассу зообентоса проточных участков реки.

Филиппова Н.А., Максимович Н.В. Сообщества макробентоса мягких грунтов как характерный элемент биоты осушной зоны Белого моря и как объект полевых исследований

Вот уже несколько лет как мы проводим верификацию режима пробоотбора при мониторинге бентосных сообществ осушной зоны Белого моря, который сотрудники кафедры ихтиологии и гидробиологии проводят на МБС СПбГУ с 1975 г. Первые итоги анализа нашей практики мониторинга (Филиппова, Максимович, 2009) позволили установить, что при пятикратной повторности пробоотбора итоги классификации сообществ сильно зависят от выровненности сравниваемых описаний по спискам видов, т.е., в том числе, и от качеств сборщика. Логично ожидать, что с определённого момента увеличение числа наблюдений не будет значительно влиять на результат, в то время как обработка излишне большого объёма данных займет слишком много времени и сил. Мы продолжили изучение пространственной гетерогенности сообществ макробентоса мягких грунтов в условиях литоральной зоны Керетского архипелага (Кандалакшский залив, Белое море), специальным образом изменив режим пробоотбора.

В основу работы легли летние наблюдения за структурой сообществ макробентоса Белого моря (бухта Ключиха – участок 1, бухта Лебязья – участок 2, пролив Сухая Салма – участок 3), проведенные в 1983–2003 гг. (Филиппова, Максимович, 2009). В 2008 г. мы попытались насколько возможно увеличить число повторностей при пробоотборе (до 10 проб). Кроме того, старались соблюсти единообразие в сборе и обработке материала (один сборщик и обработчик). Материал собран в конце июня – начале июля отдельно в среднем (СГЛ), нижнем (НГЛ) горизонтах литорали и в верхней сублиторали (ВСЛ) (в дальнейшем это станции) с помощью выборочных площадок размером 0,1 и 0,25 м².

Сравнительный анализ описаний сообществ осуществлен путем проведения повторных классификаций при купировании (полный перебор вариант) числа проб, учтенных при создании списков видов на станциях. Мера сходства станций по составу видов – расстояние Евклида. Способ кластеризации – метод Варда. Расчеты проведены в пакете статистических программ "Статистика-7".

Сравнение станций проводилось по видовому составу, биомассе и численности представителей макробентоса. Единичное описание сообщества макробентоса в каждом случае – это список видов на станции в данный момент наблюдения. Такие описания были составлены по каждой пробе, при объединении десяти проб, и при последовательном

объединении двух – девяти проб, с учетом всех сочетаний. Таким образом, в общей сложности проведено 483 сравнений. Используя результат классификации полных описаний (по десяти пробам) как точку отсчета (эталон), рассмотрим, как будут меняться представления о гетерогенности сообществ при снижении числа повторностей при проведении пробоотбора.

На изученных участках доминируют представители инфауны: двустворчатые моллюски *Macoma balthica* L., *Mya arenaria* L. и *Mytilus edulis* L. Общее число найденных форм животных и растений достигает 34, причем только два вида были общими для всех участков.

Уже при сравнении описаний, составленных по отдельно взятым первым, вторым, третьим и т.д. пробам, мы наблюдаем довольно высокую встречаемость эталонных кластеров: в случае сопоставления видового состава на станциях все эталонные кластеры присутствуют в 80% случаев, а в случае сопоставления макробентоса по численности и биомассе на станциях – в 70% случаев. Рост количества проб при составлении описаний ведет к увеличению встречаемости эталонных кластеров. При сравнении описаний по биомассе макробентоса 100% встречаемость эталонных кластеров наблюдалась уже при объединении четырех и более проб, при сопоставлении видового состава бентоса на станциях – если описания составлены по шести и более пробам. Однако при сравнении станций по численности макробентоса использование при составлении описаний даже девяти проб не гарантировало 100% наличие эталонных кластеров. При сравнении станций по численности макробентоса (описания составлены по 10 пробам) удалось выделить две группировки, формирование которых, по-видимому, обусловлено особенностями распределения по станциям брюхоногих моллюсков *Hydrobia* sp. Возможно, причина смещения результатов кластерного анализа связана с неравномерностью распределения по пробам данного вида. Действительно, кластер А, объединяющий станции с высокой численностью гидробий, устойчиво отмечается в результатах кластерного анализа, проведенного при сравнении описаний, составленных по 5 и более пробам. Ошибка учета численности моллюсков на этих станциях в основном менее 20%. Кластер В даже при сравнении описаний, составленных по 9 пробам, отмечен только в 90% случаев. Ошибка учета численности гидробий здесь доходила до 55%.

Таким образом, структурные характеристики сообществ макробентоса анализируемых участков оказались близки аналогичным

параметрам сообществ мягких грунтов в литоральной зоне Белого моря: в составе сообществ обнаружено 12–26 видов, наибольшее видовое разнообразие макробентоса отмечено в верхней сублиторали – индекс видового разнообразия Шеннона составил 0,5–1,4 бит, на литорали – 0,5–1,2 бит; по биомассе среди организмов макрозообентоса преобладали двустворчатые моллюски *Mytilus edulis* и представители инфауны *Mya arenaria* и *Macoma balthica*, по численности массового развития также достигали представители эпифауны *Hydrobia* sp. и многощетинковые черви *Scolopos armiger*, *Nereis pelagica*.

В пределах анализируемых биотопов отмечено наличие, по крайней мере, трех бентосных сообществ, расхождения в структуре которых вполне могут быть интерпретированы в терминах различий абиотических условий исследуемых участков (различия в гидродинамических, соленостных условиях и условиях осадконакопления): сообщество *Macoma balthica* в открытой прибойной зоне песчаного пляжа, характеризующееся практически полным отсутствием макрофитов, отличающееся наиболее бедным видовым составом сообщество *Mytilus edulis* и *Mya arenaria* на илисто-песчаном пляже в закрытой опресненной бухте, сообщество *Zostera marina*, нитчатых водорослей и *Macoma balthica* на илисто-глинисто-песчаном пляже в кутовой части полузамкнутой акватории.

Относительно надежности проведенных классификационных построений на данном этапе исследований можно заключить следующее:

- по описаниям, полученным одномоментно, т.е. в один и тот же сезон, с большой вероятностью можно получить надежное описание степени гетерогенности сообществ макробентоса, используя пятикратную повторность пробоотбора. Особенно, если сбор материала и его обработка проводится одним человеком;

- при изучении межгодовой (многолетней) вариации структуры сообществ пятикратная повторность сбора образцов недостаточна для надежного выделения эффектов пространственно-временной гетерогенности литоральных сообществ макробентоса.

Следует ожидать, что при использовании дистанционных орудий сбора (при изучении сублиторальных сообществ бентоса) требования к объёму выборок окажутся ещё выше.

Пользуемся случаем и выражаем благодарность всем студентам и сотрудникам кафедры ихтиологии и гидробиологии, оказавшим нам содействие в сборе и обработке бентосных проб.

Братова О.А. Синонимия северных видов рода *Henricia* (Echinodermata, Asteroidea) по Ф.Д. Мадсену и А.М. Дьяконову

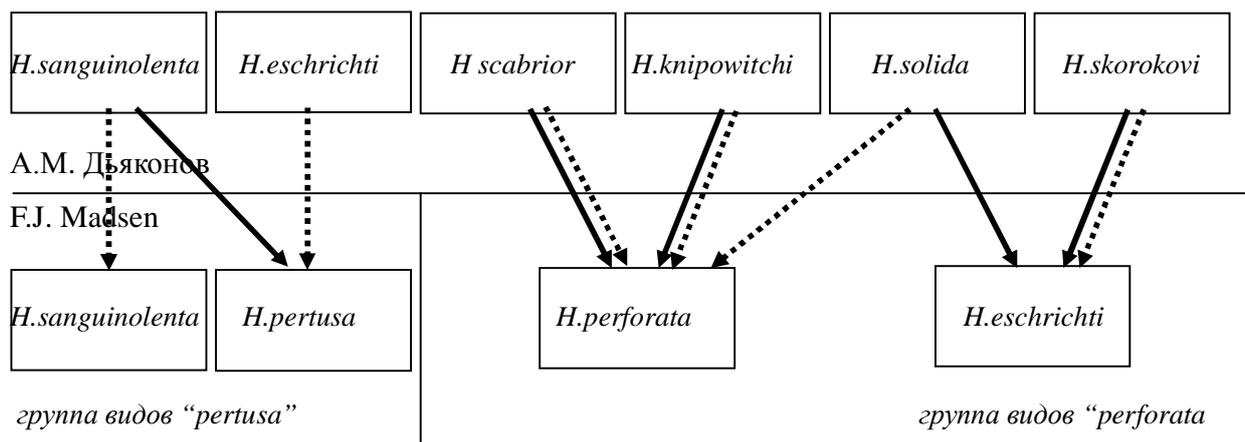
Систематика рода *Henricia* запутана и разработана недостаточно вследствие широкого варьирования морфологических признаков.

Северные виды рода *Henricia* были описаны конце XVIII века. Их характеристики были скудны и основывались на таких признаках как окраска и форма тела. В XIX и XX веках авторы по-разному трактовали первоначальные описания. Это привело к тому, что звезды, имеющие одинаковые морфологические признаки, были описаны под разными видовыми названиями.

Ревизию рода провел Ф.Д. Мадсен (Madsen, 1987). Он сделал подробное описание северных видов рода *Henricia*, выделил неотипы и привел для всех видов список синонимов.

В России изучением морских звезд рода *Henricia* занимался А.М. Дьяконов. В определителе морских звезд морей СССР (Дьяконов, 1950) даны подробные характеристики видов рода *Henricia*, однако описания некоторых видов не совпадают с описанием тех же видов, данных Мадсеном. Последний считал *H. knipovitchi* Djakonov и *H. scabrior* (Michailovski), выделенные Дьяконовым, синонимами *H. Perforate* (O.F. Müller), виды *H. solida* Djakonov и *H. skorikovi* Djakonov синонимами *H. eschrichti* (J. Müller & Troschel), а *H. sanguinolenta* (O.F. Müller) синонимом *H. pertusa* (O.F. Müller) (см. таблицу: сплошные стрелки). У Мадсена не было возможности ознакомиться с материалами Дьяконова, хранящимися в ЗИН РАН, поэтому ревизию выделенных видов автор проводил, опираясь только на печатные труды. Упоминания о *H. eschrichti*, описанной Дьяконовым, в работе Мадсена не встречается.

Я проанализировала материал, собранный на МБС СПбГУ в 2004–2007 гг., и материал, хранящийся в ЗИН РАН, в том числе и типовой. Анализ показал, что вид *H. sanguinolenta*, описанный Дьяконовым, соответствует описанию вида *H. sanguinolenta* Мадсена, *H. eschrichti* соответствует *H. pertusa*, *H. skorikovi* – *H. eschrichti*, описание видов *H. solida*, *H. scabrior* и *H. knipovitchi* соответствует описанию *H. perforata* (см. таблицу: пунктирные стрелки).



Описание *H. eschrichti*, данные Дьяконовым и Мадсенем, диаметрально противоположны. У Дьяконова - это звезда с четкими рядами вентрального скелета и шипастыми иглами без чехла, у Мадсена — звезда с вентральным скелетом, не образующим четких рядов, и тупыми иглами, покрытыми толстым кожистым чехлом. Эта путаница произошла из-за того, что многие исследователи по-разному трактовали описание *H. eschrichti* Мюллера (O.F. Müller, 1778), при том, что типовый материал был утерян. Дьяконов при определении звезд опирался на работы Хединга (Heding, 1935, 1936). Мадсен же обработал весь литературный материал, просмотрел коллекции многих европейских музеев, и в результате выделил неотипы – узаконил свое описание. Ни Дьяконов, ни Хединг неотипов не выделяли. Соответственно, вид *H. eschrichti*, описанный Дьяконовым, идентичен виду *H. pertusa* Мадсена, а вид *H. skorikovi* Дьяконова идентичен виду *H. eschrichti* в трактовке Мадсена. Звезды, определенные Дьяконовым как *H. sanguinolenta*, по всем признакам подходят под описание вида *H. sanguinolenta* Мадсена. Вид *H. solida*, описанный Дьяконовым, представлен только шестью экземплярами. Дьяконов писал, что видовая самостоятельность его еще точно не установлена. Посмотрев экземпляры этого вида, я пришла к выводу, что по всем признакам их можно отнести к виду *H. perforata*, который обладает широкой внутривидовой изменчивостью (Братова, 2007). Виды *H. scabrior* и *H. knipovitchi* отличаются друг от друга петлистостью скелета. В моих сборах 2004–2007 гг. тоже имеются особи с широкопетлистым и узкопетлистым скелетом, но такие признаки как форма игл и строение вентрального скелета у них схожи. Проведенная оценка плотности расположения игл не показала различий между этими двумя группами. Таким образом, я считаю, что виды *H. scabrior* и *H. knipovitchi* являются синонимами вида *H. perforata*. Для окончательного понимания видового разнообразия северных видов рода *Henricia* необходимо проведение молекулярно-биологических исследований.

Горожанина Е.М., Гречина Д.С., Старунов В.В. Строение заднего конца тела у полихет *Nereimyra punctata* (Hesionidae)

Несмотря на то, что многие аспекты биологии полихет изучены достаточно хорошо, до сих пор остается немало неразрешенных проблем, одна из которых – строение заднего конца тела червей и связанные с ним процессы роста и регенерации. События, происходящие при образовании сегментов, достаточно сложны и требуют комплексного подхода к изучению. В данной работе сделана попытка описать гистологическое строение заднего конца тела полихеты *Nereimyra punctata*.

Пигидий *N. punctata* имеет кольцевидную форму. Анальное отверстие несколько смещено на его дорсальную поверхность. Вентрально пигидий несёт две небольшие лопасти, заканчивающиеся нитевидными придатками, которые часто отламываются при фиксации.

Стенки пигидия по строению практически неотличимы от стенки тела туловищного сегмента. Вентральная стенка пигидия слегка утолщена, поскольку в ней залегают нервные стволы, представляющие собой терминальный отдел брюшной нервной цепочки. Здесь, в отличие от туловищных сегментов, нервные стволы отделены друг от друга. Они расходятся в зоне роста, проходят через пигидий и заканчиваются в его вентральных нитевидных придатках.

В пигидии имеется слабо различимая полость, не разделенная мезентериями. Эта полость выстлана хорошо развитыми мускульными клетками, которые по своему строению сходны с клетками миоэпителиальной выстилки сформированных сегментов.

Подобная полость была ранее обнаружена также и в пигидии *Alitta* (= *Nereis*) *virens*, хотя, согласно классическим представлениям, это отдел тела полихет не должен содержать каких бы то ни было дериватов целома. В целом, пигидий *A. virens* сходен по своему строению с таковым у *Nereimyra punctata*.

Непосредственно перед пигидием расположена зона роста. Здесь происходит закладка новых сегментов. В этой зоне, на границе пигидия и последнего сегмента тела можно обнаружить крупные клетки с хорошо выраженным ядром и прозрачной цитоплазмой. В некоторых случаях в этих клетках можно различить митотические фигуры. Однако эти активные клетки расположены весьма хаотично и не формируют топографически целостной структуры.

Полученные данные свидетельствуют о том, что задний конец тела *N. punctata* представляет собой сложное образование, строение которого не соответствует классическим представлениям. Необходимо дальнейшее, более детальное изучение этого отдела тела у представителей различных семейств полихет.

Крупенко Д. Ю. Мышечная система личинок гермафродитного поколения нескольких видов трематод

Сведения о строении мышечной системы отдельных стадий жизненного цикла трематод (Trematoda) весьма немногочисленны и зачастую сводятся к обобщениям, основанным на ограниченном фактическом материале.

Целью данной работы было описание и сравнение мускулатуры общего назначения (кожно-мышечный мешок и паренхимная мускулатура) у личинок гермафродитного поколения нескольких видов трематод из разных систематических групп. В качестве объектов были выбраны церкарии *Himasthla sp.*, *H. elongata* (Mehlis, 1831) (Echinostomatidae), *Cryptocotyle lingua* (Creplin, 1825) (Heterophiidae) и *Renicola sp.* (= *Cercaria parvicaudata* Stunkard, 1930) (Plagiorchiidae), а также метацеркарии *Microphallus pygmaeus* (Levinsen, 1881) (Microphallidae) и метацеркарии третьего поколения *Parvatrema margaritensis* (Ching, 1982) (Gymnophallidae).

Материал собран в августе 2007 и 2008 гг. на побережье Баренцева моря (губа Ярнышная и бухта Оскара, Восточный Мурман, биостанция ММБИ), а также в июне 2009 г. на побережье Белого моря (пролив Сухая салма и губа Яковлева, губа Чупа, Кандалакшский залив, МБС СПбГУ). Церкарии *Himasthla sp.* и метацеркарии *Microphallus pygmaeus* были получены из брюхоногих моллюсков *Littorina saxatilis*; церкарии *H. elongata*, *C. lingua* и *Renicola sp.* – из *L. littorea*. Метацеркарий третьего поколения *P. margaritensis* получали из брюхоногих моллюсков *Margarites helicina*. Все объекты были зафиксированы 4 %-ным раствором параформальдегида в фосфатном буфере и окрашены TRITC-меченным фаллоидином по стандартной методике. Препараты просматривали на конфокальных сканирующих лазерных микроскопах Leica TCS SPE и Leica TCS SP5. Для церкарий двух видов из рода *Himasthla* приведено общее описание, поскольку принципиальных различий в строении их мышечной системы не обнаружено.

У всех рассмотренных личинок гермафродитного поколения в составе кожно-мышечного мешка имеются слои кольцевых, продольных и диагональных мышечных волокон в соответствующем порядке. Кольцевые волокна тонкие, но расположены часто и равномерно по всему телу. Продольные волокна расположены также часто или чуть реже, но при этом они толще кольцевых. Зачастую форма продольных волокон веретеновидная. У *Renicola sp.*, *P. margaritensis* и *Himasthla spp.* продольные волокна собраны в пучки.

На заднем конце тела метацеркарий *M. pygmaeus* продольные волокна расположены особым образом. Обычно они сходятся к отверстию

эксcretорной поры. У *M. pugmaeus* продольные волокна латеральных и дорсальной поверхностей дугообразно обходят эксcretорную пору по ее вентральному краю. Продольные волокна вентральной стороны тела до эксcretорной поры не доходят.

Диагональные волокна расположены редко, их толщина у разных видов отличается. У церкарий *C. lingua* диагональные волокна в генеративном отделе тела отсутствуют. У церкарий *Himasthla spp.*, метацеркарий *M. pugmaeus* и *P. margaritensis* в задней части генеративного отдела диагональные волокна разрежены или отсутствуют. При этом у метацеркарий *M. pugmaeus* в задней трети генеративного отдела тела на брюшной стороне есть дополнительные диагональные волокна, которые отличаются по характеру расположения.

У *Himasthla spp.* и *Renicola sp.* на брюшной стороне тела за брюшной присоской обнаружены группы U-образных мышечных волокон, ранее для трематод не описанных. Подобное расположение волокон было описано для многих бескишечных турбеллярий (у них U-образные мышечные волокна огибают сзади вентрально расположенное ротовое отверстие). По толщине и частоте расположения U-образные волокна похожи на диагональные, и, вероятно, являются их дериватами. Интересно, что у *P. margaritensis* диагональные мышцы за присоской тоже лежат в целом U-образно, однако ход каждого отдельного волокна остается диагональным.

Паренхимная мускулатура рассмотренных видов представлена дорсо-вентральными волокнами, а также различными специализированными группами мышц, большинство из которых связано с брюшной присоской. К последним относятся постерио-латеральные (у церкарий *Himasthla spp.* и *Renicola sp.*, а также метацеркарий *P. margaritensis*), постерио-радиальные (у метацеркарий *M. pugmaeus* и *P. margaritensis*) и антеро-латеральные мышечные пучки (у метацеркарий *P. margaritensis*). Группы мышц, сходные с обнаруженными, были описаны ранее для марит нескольких видов трематод, относящихся к различным филогенетическим группам. Таким образом, можно предположить, что эти группы мышц возникают конвергентно.

У церкарий *C. lingua* найдены специализированные группы паренхимных мышц, связанные с основанием хвоста. Центральные группы продольных волокон брюшной и спинной стороны церкарий своими задними концами погружаются в «паренхиму» и присоединяются к основанию хвоста, что было описано ранее. Помимо этого, мы обнаружили два пучка продольных волокон, уходящих в «паренхиму» прямо за брюшной присоской, и также присоединяющихся к основанию хвоста. Очевидно, эти пучки, как и описанные ранее, участвуют в

прикреплении хвоста к телу церкарии. У *Himasthla spp.* и *Renicola sp.* подобных мышечных пучков нет.

В целом, для мускулатуры общего назначения рассмотренных церкарий и метацеркарий характерен ряд особенностей, ранее отмеченных для марит разных видов – это порядок мышечных слоев кожно-мускульного мешка, характер расположения волокон в каждом слое, а также наличие определенных групп паренхимной мускулатуры. Однако нами были обнаружены и некоторые особенности ранее не отмеченные, в частности, преобразование диагональных волокон на брюшной стороне за присоской в U-образные волокна у *Himasthla spp.* и *Renicola sp.*, специфическое расположение продольных и диагональных волокон на заднем конце тела *M. pygmaeus*.

Лоскутова З.И., Михайлова Н.А.¹, Гранович А.И. Анализ межпопуляционных и внутривидовых различий формы раковины у представителей видового комплекса «*saxatilis*» (Mollusca: Caenogastropoda) методами геометрической морфометрии

¹ Институт цитологии РАН

Размах внутривидовой изменчивости морфологических признаков раковины (конхологических признаков) сильно затрудняет видовую диагностику моллюсков. Особенно остро эта проблема встает при попытке установить видоспецифичную форму раковины у «криптических видов». В последнем случае необходимо привлечение методов, способных комплексно оценить особенности формы. С этой точки зрения одним из перспективных методов является метод геометрической морфометрии (Rohlf, Marcus, 1993).

Литоральные моллюски видового комплекса «*saxatilis*» представлены в Белом море видом *Littorina saxatilis*, а в Баренцевом – тремя криптическими видами *L. saxatilis*, *L. compressa* и *L. arcana*. Указанные виды сходны с точки зрения конхологических признаков; видовые различия проявляются в деталях строения половой системы, при этом для самцов *L. saxatilis* и *L. arcana* надежных видоспецифичных признаков до сих пор не обнаружено.

Для оценки межпопуляционной и внутривидовой изменчивости формы раковины моллюсков *L. compressa*, *L. saxatilis* и *L. arcana* использовали метод геометрической морфометрии. Раковины моллюсков, собранных в симпатричном поселении в губе Ярнышная (Восточный Мурман, Баренцево море) в августе 2008 г., фотографировали цифровой камерой Olympus C-765. После чего моллюсков вскрывали для

определения вида. В анализе использовано около 200 изображений раковин половозрелых моллюсков *L. saxatilis*, *L. arcana*, *L. compressa*.

15 стандартных меток для характеристики формы раковин размещено с помощью компьютерной программы TPSDig (Rohlf, 2009). В качестве количественных переменных формы и размера использованы значения всех полученных относительных деформаций, две линейные компоненты и центроидный размер, вычисленные в программах MODICOS (Carvajal-Rodriguez et al, 2008; Gandarela, 2004) и TPSRelw (Rohlf, 2003). Для выявления межвидовых, внутривидовых и зональных различий в форме и размерах раковины самок моллюсков *L. saxatilis*, *L. arcana*, *L. compressa* был сделан пошаговый канонический дискриминантный анализ с 30 переменными.

Для выявления различий в форме раковины проведен дискриминантный анализ по всем полученным переменным (относительные деформации, две линейные компоненты и центроидный размер). Группировка особей по форме раковины с помощью дискриминантного анализа на 77,0% совпала с морфо-анатомическим определением самок (88,2% для *L. arcana*, 72,1% для *L. saxatilis* и 64,7% для *L. compressa*). Между *L. saxatilis* и *L. compressa* было обнаружено больше всего «ошибок» в классификации.

В результате сравнения усредненных конфигураций раковин самок *L. saxatilis*, *L. arcana*, *L. compressa* выявлено, что раковина *L. compressa* более округлая с вытянутым в продольном направлении устьем. Раковина *L. arcana* в целом более узкая, с небольшим устьем и выпуклыми оборотами (швы более вдавлены). Раковина *L. saxatilis* занимает промежуточное положение.

Внутривидовые различия раковин моллюсков, связанные с зональными градиентами литоральной зоны могут быть значительными. В связи с этим, для дальнейшего анализа использовали самок *L. saxatilis*, обитающих в верхней зоне, *L. saxatilis*, обитающих в нижней зоне, всех самок *L. compressa* (обитают в нижней зоне литорали) и всех самок *L. arcana* (обитают в верхней зоне литорали). Между показателями моллюсков всех трех видов, представляющих отдельные горизонты внутри выделенных зон (верхняя и нижняя литоральные зоны) статистически значимых различий обнаружено не было ($F=3,86$, $p>0,5$).

Выделенные дискриминантным анализом группы особей по форме раковины на 77,0% совпали с морфо-анатомическим определением самок. Доля правильно классифицированных самок *L. compressa* составила 82,4%, самок *L. arcana* – 90,0%, *L. saxatilis* из нижней литоральной зоны – 72,0% и *L. saxatilis* из верхней зоны литорали – 62,0%. Ни одна *L. compressa* не была классифицирована как *L. saxatilis* из верхней зоны литорали или как *L. arcana*.

Моллюски *L. saxatilis*, обитающие в нижней зоне литорали, характеризуются более широким устьем и менее вытянутой раковиной по сравнению с моллюсками этого же вида, обитающими в верхней части литорали. Эти данные позволяют более строго оценивать межвидовую изменчивость с учетом различий, обусловленных зональностью местообитания. Проведено сравнение усредненных конфигураций раковин моллюсков, обитающих в сходных зональных условиях: а) *L. compressa* (обитает в нижней части литорали) с *L. saxatilis* (часть поселения из нижней части литорали); б) *L. arcana* (обитает в верхней части литорали) с *L. saxatilis* (часть поселения из верхней части литорали). Обнаружены статистически значимые различия между *L. arcana* и *L. saxatilis* (раковины первого вида обладают более овальным устьем по сравнению с округлым у второго). При этом форма раковины *L. compressa* и *L. saxatilis* из сходных биотопов (нижняя часть литорали) не различается.

Таким образом, геометрическая морфометрия позволяет обосновать внутривидовые различия в форме раковины, связанные с обитанием в разных микробиотопах (зональные паттерны). С учетом этого выявлены различия формы раковины самок криптоических видов *L. arcana* и *L. saxatilis*. Все обнаруженные различия формы имеют статистический характер. Одной из причин этого может быть межвидовая гибридизация между криптоическими видами, «размывающая» межвидовые хиатусы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 09-04-01728а).

Нефедова Е. А., Тихомиров И. А. Анализ спикул скелета кальциевой губки *Syson* sp. (*Calcaronea*) из аквариальной культуры

Данное исследование является продолжением работ по изучению *Syson* sp. из аквариальной культуры (Нефедова Е. А. и др. 2009). Для видовой идентификации *Syson* sp. были предприняты попытки сравнительного анализа спикул нескольких экземпляров этих губок со спикулами сиконов, собранных в 2009 г. на Белом море в акватории Морской биостнции СПбГУ. Последние были идентифицированы как *Syson raphanus* (Наумов, Оленев, 1981).

Для изучения спикул использовались рутинные методы (световая микроскопия) и сканирующая электронная микроскопия, а также анализ размеров спикул с помощью Microsoft Excel.

В результате проведенного исследования обнаружено, что все спикулы *Syson* sp. из аквариальной культуры близки по размерам к спикулам беломорских сиконов. Одноосные спикулы у *Syson* sp. из аквариальной культуры гладкие, тогда как у беломорских сиконов

напоминают акантостили демоспонгий. Трехосные спикулы *Sycon* sp. можно разделить на три категории: правильные, у которых между лучами одинаковые углы, неправильные с одинаковыми парными углами и непарным углом (сагитальные), и спикулы, у которых все три угла между лучами неодинаковой величины (псевдосагитальные). Сагитальные спикулы *Sycon* sp. из аквариальной культуры и *Sycon raphanus* из Белого моря различаются по парным и непарным углам, также имеются отличия по углам у псевдосагитальных спикул. Кроме того, у *Sycon* sp. были обнаружены особые, очень маленькие трехосные спикулы (длина лучей около 20 мкм).

Sycon raphanus Schmidt, 1862 и *S. ciliatum* (Fabricius, 1780) имеют широкое распространение в северном полушарии (Ackers et al., 1992; Arndt, 1935). Одноосные и трехосные спикулы у этих видов практически одинаковы и поэтому их различают по расположению «радиальных каналов» в стенке тела. В первом случае они погружены в стенку тела, во втором обособлены друг от друга. По этому признаку строение *Sycon* sp. больше напоминает *S. raphanus*, но данные по размерам и строению одноосных и трехосных спикул *Sycon* sp., *S. raphanus* и *S. ciliatum* не совпадают.

У сравниваемых видов наибольшее сходство было обнаружено в строении тетрактин.

В отличие от всех описанных к настоящему времени губок рода *Sycon*, у *Sycon* sp. из аквариальной культуры были обнаружены пятиосные спикулы, природа и местоположение которых в теле губки пока точно не установлены. Этот интересный факт требует дополнительных исследований.

Анализ строения скелета губки *Sycon* sp. из аквариальной культуры пока не позволяет идентифицировать его ни с *S. raphanus* ни с *S. ciliatum*.

**Раилкин А.И., Шилова О.А.,¹ Ефимова Л.Н.¹, Гуменная М.А.²,
Клименко Н.С.², Серов В.Г.², Чикадзе С.З., Гагаринова Н.Г.,
Никитин О.М., Манылов О.Г., Савельев Ю.В.², Шевченко В.В.²**
Разработка противoadгезионной экологически безопасной защиты от морского обрастания

¹Институт химии силикатов имени И.В. Гребенщикова РАН, Россия

²Институт химии высокомолекулярных соединений НАН, Украина

На основе развития представлений о колонизационных процессах и циклах сформулирована концепция противoadгезионной защиты от морского обрастания. Согласно концепции, ключевыми процессами для подавления обрастания являются адгезия и временное прикрепление.

Путем их блокирования, в частности с использованием небииоцидных средств, возможно создание противoadгезионной экологически безопасной защиты.

В настоящем исследовании в качестве противoadгезионных агентов используются вещества различной природы (бензойная кислота, соединения кобальта и лантана). Они объединены тем, что при экспериментальных условиях обратимо подавляют адгезию и прикрепление обрастателей: спор водорослей *Laminaria saccharina*, личинок гидроидного полипа *Gonothyrea loveni*, усонного рака *Semibalanus balanoides*, двустворчатого моллюска *Mytilus edulis* и ряда других беспозвоночных.

Для создания противoadгезионной защиты были специально разработаны органо-неорганические матрицы и покрытия на их основе: ТЭОС, ПГАОСС и ТХП (см. тезисы доклада тех же авторов в материалах X научной сессии МБС СПбГУ). Изучены химико-технологические свойства таких покрытий. Показано, что они способны удерживать на поверхности и в объеме противoadгезионные вещества и постепенно отдавать их в морскую воду, тем самым препятствуя прикреплению обрастателей.

На базе МБС СПбГУ в губе Чупа Белого моря на глубине 1 м в бухте Круглая с июля по сентябрь 2009 г. были испытаны органо-неорганические покрытия, содержащие противoadгезионные вещества и свободные от них (в контроле). Испытания были проведены с использованием гидрофлюгера в период массового оседания личинок моллюска мидии *Mytilus edulis*, гидроидных полипов *G. loveni* и *Obelia longissima*, асцидии *Molgula citrina*, полихет спирорбид, а также спор бурых и зеленых водорослей. Полученные данные показали, что ТЭОС-покрытие достоверно ($p < 0,5$) снижало обилие мидийного обрастания, по сравнению с контролем, в 2,6 раза, а также уменьшало животное обрастание и подавляло водорослевое. Другие типы покрытий были эффективными только в подавлении водорослевого обрастания.

На базе ЦКП «Морской аквариальный комплекс» (г. Санкт-Петербург, Старый Петергоф) в ноябре–декабре 2009 г. были выполнены исследования действия винилканифольных покрытий, созданных на базе судовой краски ХС-5226 (без закиси меди) и содержащих противoadгезионные вещества, успешно прошедшие испытания в 2007–2008 гг. в тропических водах Вьетнама. В контроле покрытия не содержали каких-либо веществ, препятствующих обрастанию. Для проведения испытаний была использована проточная аквариальная система объемом 500 л, состоящая из 7 аквариумов, в которых находились бурые водоросли *Fucus vesiculosus*, гидроидные полипы *O. longissima*, песок с нематодами и гастротрихами, баланусы

Semibalanus balanoides, взрослые (5–6 лет) моллюски *M. edulis*, молодь (0+) морской звезды *Asterias rubens*, а также мальки трехиглой колюшки. Все объекты были собраны в губе Чупа летом–осенью 2009 г. Наблюдения и эксперименты по росту этих объектов в течение 1 месяца не выявили каких-либо нарушений (или отклонений от нормы) в их поведении, питании, росте и развитии в опытной (с противообрастательными покрытиями) и контрольной экосистемах.

На основании описанных выше и ранее проведенных исследований сделан вывод о перспективности разработки экологически безопасной защиты от морского обрастания на базе классических и современных технологий с использованием изученных противоадгезионных веществ. Однако необходимы дальнейшие шаги с целью оптимизации составов и свойств матриц, поиска новых эффективных экологически безопасных противоадгезионных агентов, усовершенствования методов их морских и лабораторных испытаний.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №№ 08-04-01007-а и 09-04-10050-к.

Старунов В.В., Лаврова О.Б. Серотонинэргические клетки в брюшной нервной цепочке полихет *Nereis virens* (Nereididae) и *Phyllodoce groenlandica* (Phyllodocidae)

Серотонин является одним из важнейших нейротрансмиттеров и нейромодуляторов. Он был обнаружен в нервной системе представителей практически всех групп многоклеточных организмов от кишечнополстных до позвоночных. Серотонинэргические нейроны обнаружены во всех трех классах типа Annelida. В последнее время методы иммуногистохимического мечения совместно с методами лазерной сканирующей конфокальной микроскопии позволяют выявить в деталях распределение различных нейромедиаторов в ганглиях.

В настоящее время активно исследуются процессы развития нервной системы у личинок, в то же время локализация различных нейромедиаторов в ганглиях брюшной нервной цепочки изучена относительно слабо (в основном на олигохетах). Целью данной работы было изучение организации серотонин-иммунореактивных структур в ганглиях брюшной нервной цепочки взрослых особей *Nereis virens* и *Phyllodoce groenlandica*.

Материал для данной работы был собран в летние месяцы 2006–2009 гг. в окрестностях МБС СПбГУ (Губа Чупа, Кандалакшский залив Белого моря). Изучение собранного материала велось на базе МБС СПбГУ, а также на базе ЦКП «Хромас» (Биолого-почвенный факультет СПбГУ).

Система серотонинэргических клеток *N. virens* состоит из относительно небольшого числа нейронов (порядка 12 пар), расположенных диффузно, преимущественно на вентральной стороне ганглия. Нейроны расположены симметрично, и общая схема их расположения сохраняется от ганглия к ганглию. Кроме того, в брюшной нервной цепочке залегает непарный серотонин-положительный нерв, в толще ганглия проходящий под основными стволами нейропиля. Этот нерв доходит до заднего конца тела червя. Отростки серотонинэргических нейронов имеются в составе нейропиля, а также основных нервов сегмента. В стенке тела червя отростки серотонин-положительных нейронов образуют сеть.

В ганглии *P. groenlandica* серотонинэргических нейронов гораздо меньше, чем у *N. virens* (5 пар), причем упорядоченность их расположения выражена гораздо сильнее. Можно выделить три группы нейронов: две пары нейронов, расположенные в передней части ганглия, пара нейронов перед параподиальным нервом и две пары в задней части ганглия позади параподиального нерва. Непарного продольного нерва не обнаружено. Отростки серотонинэргических нейронов, так же, как и у *N. virens*, присутствуют в основных нервах, отходящих от ганглия, однако в стенке тела червя они не образуют сети, выявленной нами у нереиса.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что, несмотря на сходный общий план организации, система серотонинэргических нейронов в ганглиях брюшной нервной цепочки полихет очень пластична. Можно высказать предположение, что количество и схема расположения этих нейронов специфичны, во всяком случае, для семейств полихет, однако это требует дополнительной проверки. Необходимо дальнейшее изучение организации серотонинэргических нейронов на большем количестве видов кольчатых червей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 09-04-01309-а)

Хайтов В.М.^{1,2}, Патрушева А.О.¹, Полоскин А.В.¹, Слуцкая С.А.¹ О возможности реконструкции многолетних изменений в сообществах мидиевых банок на основе анализа останков мертвых организмов

¹Лаборатория экологии морского бентоса, Эколого-биологический центр «Крестовский остров»

²Кандалакшский государственный природный заповедник

Изучение сукцессионных процессов в морских донных сообществах, как правило, идет путем многолетнего мониторинга таких систем. Вместе с тем, процессы изменений в сообществах могут проходить столь длительное время, что существующие мониторинговые программы не могут их выявить. Кроме того, процессы катастрофических изменений в

сообществах могут быть достаточно редки и локальны, что не позволяет существующей сети станций многолетнего наблюдения их зарегистрировать. В связи с этим, важную роль могут играть методы реконструкции изменений по косвенным признакам, например, по останкам погибших организмов. Удобным объектом для применения такого метода оказываются сообщества мидиевых банок. В данной работе мы попытались объединить три источника информации о многолетних изменениях на одной из банок в вершине Кандалакшского залива Белого моря.

Первым источником были многолетние наблюдения над размерной структурой поселения мидий, проходившие с 1990 по 2007 гг. Размерная структура демонстрировала типичный для плотных поселений мидий циклический характер изменений: периоды доминирования старых моллюсков (особи с длинной раковины более 20 мм) после массового отмирания последних сменялись периодами интенсивного вселения молоди (длина менее 20 мм). За время наблюдения периоды сокращения обилия крупных мидий были отмечены трижды. В 1992 г. произошло резкое сокращение обилия старых моллюсков. Их плотность, по сравнению с 1991 г., упала более чем в пять раз (с $24812,5 \pm 6316,74$ до $4625,0 \pm 465,49$ экз./м²). Однако уже в 1993 г. плотность поселения крупных мидий возросла в 1,9 раза за счет подросшей молоди, пришедшей на банку в 1991 г. В период с 1993 по 1999 гг. обилие крупных особей постепенно сократилось в 4,7 раза (с $8840,0 \pm 134,54$ до $1893,8 \pm 517,00$ экз/м²). Заселение банки молодью мидий, отмечавшееся в 1999–2003 гг. привело к частичному восстановлению обилия крупных мидий, которое в 2004 г. достигло $4242,0 \pm 1366,02$ экз/м². Однако в 2006 г. плотность поселения крупных мидий вновь упала более чем в 7 раз и составила всего $595,00 \pm 310,27$ экз/м². После 2006 г. сплошного покрова мидий на банке не наблюдалось, мидии поселялись небольшими пятнами, между которыми располагались песчаные наносы, покрывающие створки мертвых мидий.

В 2007 г. в нескольких точках мидиевой банки трубчатым пробоотборником были взяты керны грунта разной длины. Визуальный анализ кернов показал, что в толще грунта четко выделяются слои створок мертвых мидий, разделенные грунтом, свободным от мертвых останков. Четыре керна длиной от 26 до 40 см были разделены на сегменты по 2 см. Грунт из каждого сегмента был промыт через сито с размером ячеей 0,5 мм. После промывки были учтены останки мертвых организмов. Количественный анализ выявил пики обилия останков мидий на глубине 0–4, 8–16, 20–24, 26–28, 32–34 и 38–40 см. Максимальное обилие мертвых створок было отмечено на глубине 22–24 и 38–40 см. Помимо мидий в пробах были отмечены останки еще 11 таксонов донных животных и растений. Самыми обильными, после мидий, были останки *Hydrobia ulvae*,

Littorina sp. и *Macoma balthica*. Корреляционный анализ показал, что распределение в толще грунта мертвых останков *H. ulvae* и *Littorina sp.* сопряжено с распределением останков мидий. В то же время, останки *M. balthica* были наиболее обильны в слоях, где останков мидий было мало.

В 2008 г. в слоях мертвых мидий, представленных на разной глубине, были отобраны створки, которые подверглись датировке. Датировка проводилась DL-рацемизационным методом (метод основан на спонтанном, происходящем с определенной периодичностью, превращении L-стереоизомеров аспарагина в D-форму). Обработка материала была проведена на базе «Institute of Chemistry and Biology of the Marine Environment» профессором Гердом Либецайтом.

Согласно полученным данным, моллюски, чьи створки были собраны из слоя на глубине 0–6 см, погибли в 2000 г. Гибель моллюсков, створки которых собраны из слоя на глубине 6–15 см, произошла в 1997 г. Створки на глубине 14–19 см принадлежат моллюскам, погибшим в 1994 г., а на глубине 15–21 см – моллюскам погибшим в 1991 г.

Сопоставление полученных данных позволяет утверждать, что отложения на глубине 14–21 см соответствуют массовому отмиранию старых моллюсков, отмеченному в начале 90-х годов. Слой створок, обнаруженный на глубине 6–15 см соответствует отмиранию моллюсков, произошедшему в период с 1993 по 1999 гг. Слой мертвых останков на глубине 0–8 см соответствует массовой гибели старых особей, отмеченной в 2005–2006 гг.

Полученные соответствия позволяют утверждать, что датировка отложений с помощью DL-рацемизационного метода применима для реконструкции динамических процессов в масштабах десятилетий. Хорошая же сохранность остатков целого ряда организмов дает возможность реконструировать ход многолетних изменений в сообществах. Так, например, высокая корреляция обилия останков мидий, *H. ulvae* и *Littorina sp.* позволяет говорить о том, что периоды вымирания (и сосуществования) этих видов совпадают. Это позволяет предполагать наличие какой-то тесной взаимосвязи между мидиями и этими гастроподами. В то же время, *M. balthica*, видимо, заселяют мидиевую банку вне зависимости от мидий.

Маслов Ю.И., Тараховская Е.Р. Фотосинтез некоторых макрофитов литорали Белого моря

Фотосинтез растений составляет основу первичной продуктивности как в глобальных масштабах, так и в отдельных биоценозах. Приливно-отливная зона морей представляет собой специфический биотоп, в котором пищевые потребности обитающих здесь организмов обеспечиваются в первую очередь фотосинтезом литоральных макроводорослей. Для литоральной зоны характерна постоянная смена условий, в которых осуществляется фотосинтез и газообмен растений: в течение суток происходят резкие изменения температуры, освещения, влажности, солености и т. д. Это придает особый интерес исследованиям фотосинтетических процессов литоральных водорослей.

В течение летнего сезона 2009 г. изучали кислородный обмен ряда литоральных и сублиторальных водорослей: *Fucus edentatus* De la Pyl., *F. vesiculosus* L., *F. distichus* L., *F. serratus* L., *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, *Pelvetia canaliculata* (L.) Dcne et Thur., *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link, *Palmaria palmata* (L.) Kuntze, *Furcellaria fastigiata* (Huds.) Lamour., *Phyllophora brodiae* (Turn.) J. Ag. и *Ahnfeltia plicata* (Huds.) Fries. Материал был собран в районе МБС СПбГУ (Белое море). Определения производили при помощи кислородного электрода Кларка в специальной термостатируемой (15 или 20°C, в зависимости от объекта) камере, вмещающей целые талломы небольших водорослей (*A. plicata*, *P. canaliculata*) или части таллома более крупных. Газообмен определяли в разных зонах таллома водорослей (вегетативные верхушки, средняя зона, основание, генеративные структуры) при насыщающей освещенности (~80000 лк, лампа накаливания). Истинный фотосинтез рассчитывали, вычитая величины темнового дыхания (поглощение кислорода) из величин фотосинтеза (выделение кислорода). Также рассчитывали отношение темнового дыхания к истинному фотосинтезу как показатель соотношения вторичных (дыхание) и первичных (фотосинтез) синтетических реакций в различных зонах таллома водорослей.

Несмотря на значительный разброс данных в параллельных определениях, средние величины фотосинтеза (таблица) совпадают с данными других авторов по фотосинтезу морских макрофитов и отражают характерные особенности различных частей талломов водорослей: интенсивный фотосинтез в вегетативных апексах, находящихся в стадии активного роста и, особенно, в основаниях талломов. Интенсивность обменных реакций в клетках, определяемая по темновому дыханию, также закономерно различается для разных частей таллома, указывая на

высокую активность синтетических реакций, требующих больших затрат энергии, в растущих частях таллома. Мы не получили значимых различий между газообменом по кислороду литоральных и сублиторальных водорослей, что может свидетельствовать о высокой степени адаптации литоральных видов к изменчивым условиям обитания. Исследования динамики выделения/поглощения кислорода и световой кривой фотосинтеза показали, что ключевым фактором является содержание кислорода в воде. При увеличении концентрации O_2 скорость фотосинтеза значительно снижается, что может быть связано с усилением реакций фотодыхания.

Таблица. Средние показатели газообмена литоральных и сублиторальных макрофитов

Зона таллома	Фотосинтез, мг O_2 / дм ² ·ч	Дыхание, мг O_2 / дм ² ·ч	Дыхание / Фотосинтез
Целые талломы	2,9	0,7	0,23
Основания	16,5	3,6	0,22
Середины	2,6	0,5	0,17
Верхушки	3,7	1,2	0,32
Рецептакулы фукоидов	2,5	0,5	0,19
Нематации <i>P. brodiae</i>	21,9	4,2	0,19

Тараховская Е.Р., Билова Т.Е., Маслов Ю.И. Содержание пероксида водорода и пероксидазная активность в тканях макрофитов пор. *Fucales*

Активные формы кислорода (АФК) – пероксид водорода, супероксид анион-радикал, гидроксильный радикал и др. входят в систему адаптивного ответа растений на действие стрессовых факторов. Помимо этого, АФК участвуют в регуляции процессов деления и роста растительных клеток. Основным внутриклеточным источником АФК у растений являются фотосинтетические процессы, а такие ферменты как пероксидазы, полиаминоксидазы, оксалатоксидазы клеточных стенок и NAD(P)H-оксидазы плазмалеммы генерируют АФК в апопласт. Из-за высокой реактивности время жизни большинства этих веществ невелико. Исследования динамики генерации и утилизации пероксида водорода представляют особый интерес, поскольку это единственная относительно устойчивая форма АФК. Полагают, что H_2O_2 , будучи электронейтральной молекулой, легко диффундирует через клеточные мембраны, распространяясь по клеткам растения и оказывая (непосредственно или как вторичный мессенджер) влияние на ряд ключевых процессов метаболизма.

Целью данной работы является сравнение шести видов бурых макрофитов пор. Fucales, населяющих литоральную и сублиторальную зоны северных морей, по содержанию пероксида водорода и активности пероксидаз в разных зонах таллома.

Объектами исследования послужили 4 вида р. *Fucus* (*F. vesiculosus* L., *F. serratus* L., *F. edentatus* De la Pyl. и *F. distichus* L.), а также *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis и *Pelvetia canaliculata* (L.) Dcne et Thur. Талломы водорослей, находящиеся в стадии размножения, со зрелыми рецептакулами, собирали в наиболее типичных по положению на литорали местообитаниях. Чтобы свести к минимуму изменения содержания АФК, вызванные осушением и перегревом, во всех случаях водоросли собирали из-под воды и хранили затем в темноте при температуре ~16°C не дольше 2 часов. В трех зонах вегетативной части таллома (основание, средняя часть и верхушка) и в рецептакулах водорослей определяли содержание пероксида водорода и активность V-галопероксидаз и гем-содержащих пероксидаз. Содержание H₂O₂ определяли по методу FOX (Gay, Gebicki, 2000), галопероксидазную активность измеряли в реакции с KI (Mehrtens, 1994), а активность гем-содержащих пероксидаз – в реакции с пирогаллолом (B.Siegel, S.Siegel, 1970).

Показаны достоверные различия по исследованным параметрам в зависимости от таких факторов как: вид объекта, положение водоросли на литорали/сублиторали и зона таллома. Содержание пероксида водорода в тканях водорослей варьирует в пределах от 0,04 до 0,82 мкмоль/г сыр. массы, что соответствует среднему содержанию этой формы АФК в тканях высших растений. Как и все организмы, населяющие литоральную зону, фукоиды сталкиваются с множеством стрессовых факторов, таких как резкие изменения температуры, освещения, влажности, солености и т. д. Ответная реакция сопровождается генерацией АФК, что подразумевает наличие у таких растений механизмов для быстрой утилизации и/или нейтрализации этих веществ. Одним из таких механизмов является активация пероксидазных реакций. Наиболее характерно специфические условия обитания в прибрежной зоне проявляются на средней литорали. В исследованном нами районе средняя литораль заселена в основном *F. vesiculosus* и *A. nodosum*, и именно эти объекты характеризуются наибольшим уровнем пероксидазной активности и, как следствие, наименьшим общим содержанием H₂O₂ (таблица). При этом, в тканях *A. nodosum* зафиксирована наиболее высокая активность V-галопероксидаз (до 0,1 U/г сыр. массы), а в тканях *F. vesiculosus* преобладает активность «классических» гем-содержащих пероксидаз (до 0,5 U/г сыр. массы). Максимальное количество H₂O₂ обнаружено в талломах сублиторальных и верхнелиторальных растений (таблица).

Таблица. Содержание пероксида водорода (мкмоль/г сыр. массы) в тканях водорослей. Объекты перечислены в порядке, отражающем их типичное положение в прибрежной полосе, по направлению от сублиторали к верхней литорали (Представлены средние величины и доверительные интервалы, $\alpha = 0,05$)

Объект	Зона таллома			
	Основание	Середина	Верхушка	Рецептакулы
<i>F. serratus</i>	0,48±0,06	0,58±0,06	0,31±0,03	0,32±0,03
<i>F. edentatus</i>	0,15±0,03	0,73±0,03	0,23±0,06	0,09±0,04
<i>A. nodosum</i>	0,24±0,07	0,17±0,06	0,04±0,02	0,10±0,02
<i>F. vesiculosus</i>	0,42±0,08	0,29±0,10	0,13±0,05	0,20±0,07
<i>F. distichus</i>	0,82±0,04	0,66±0,03	0,33±0,01	0,21±0,07
<i>P. canaliculata</i>	0,26±0,02	0,37±0,01	0,18±0,05	0,23±0,02

Для всех объектов характерно наличие продольного градиента содержания пероксида водорода в тканях, с максимумом в основании таллома. Это может быть связано с разной интенсивностью ростовых процессов в базальных и апикальных частях таллома. Одной из функций H_2O_2 является образование поперечных сшивок между компонентами клеточной стенки, приводящее к ужесточению стенок и снижению интенсивности роста клеток растяжением. Таким образом, относительно низкое содержание пероксида водорода в апикальных участках таллома отражает высокую интенсивность ростовых процессов в этой зоне. Другой причиной невысокого содержания H_2O_2 в вегетативных и генеративных (рецептакулы) верхушечных зонах талломов может быть преимущественно акцепторная функция этих зон. Апикальные зоны и, особенно, генеративные органы растений, как правило, характеризуются низким содержанием фотосинтетических пигментов и, соответственно, низкой фотосинтетической активностью. Это подтверждается проведенными параллельно определениями содержания фотосинтетических пигментов в тканях водорослей и интенсивности фотосинтеза и дыхания.

Тараховская Е.Р., Маслов Ю.И., Раилкин А.И. Влияние гидродинамического режима и ряда физиологически активных веществ на рост и прикрепление к субстрату эмбрионов *Fucus vesiculosus* L. и *Fucus edentatus* De la Pyl. (Phaeophyta)

Макрофитные бурые водоросли на ранних стадиях эмбриогенеза представляют собой удобные модельные объекты для изучения процессов биообрастания и влияния гидродинамических условий на рост и развитие растений. После оплодотворения зиготы фукоидов выделяют адгезивные вещества, при помощи которых они прочно прикрепляются к различным субстратам. В данном исследовании в качестве субстратов использовали прямоугольные пластины из оргстекла размером 5×10 см. На каждой пластине отмечали 3 поля площадью по 2,25 см² и на каждое поле равномерно высаживали по 200–250 зигот *Fucus vesiculosus* или *F. edentatus*. После того как зиготы прикрепилась и проросли, пластины экспонировали в течение 3 месяцев на глубине 1 м в бухте Круглая (район Керетского арх., Белое море) при трех вариантах гидродинамического режима: контроль и искусственно турбулизированное и ламинаризованное течение. Измененный режим обтекания пластин достигался с использованием гидродинамических решеток, помещенных перед горизонтально расположенными пластинами. Контролем служил немодифицированный поток воды. До и после опыта подсчитывали количество прикрепленных эмбрионов, а также измеряли длину эмбрионов от вершины до основания ризоида и их максимальный диаметр. Исходя из этих данных, рассчитывали объем эмбрионов, а также отношение длины эмбриона к его диаметру. В опытах по влиянию ингибиторов адгезии на прикрепление зигот суспензию только что оплодотворенных клеток помещали в 6-см чашки Петри и заливали морской водой с добавлением исследуемых веществ (табл. 2). В качестве контроля использовали морскую воду. Снятие опытов проводили через 48 ч, подсчитывая количество неприкрепленных эмбрионов.

Исследования показали, что искусственная турбулизация оказывает стимулирующий эффект на рост эмбрионов обеих водорослей (табл. 1). Вероятно, это связано с тем, что подобные условия обеспечивают максимальный газообмен водорослей, что стимулирует фотосинтез и дыхание. Выращивание в условиях ламинаризованного потока, напротив, приводит к замедлению роста и нарушению морфогенеза эмбрионов, о чем свидетельствует снижение значения отношения длины эмбрионов к диаметру. Полученные результаты согласуются с литературными данными, свидетельствующими, что наиболее

интенсивный рост литоральных и сублиторальных организмов наблюдается в условиях турбулизации. После 3 месяцев экспозиции объем эмбрионов *F. edentatus* на 80% превышал объем эмбрионов *F. vesiculosus* (табл. 1). Это может объясняться более адекватными условиями опыта (постоянное погружение в воду) для сублиторального вида (*F. edentatus*) по сравнению с литоральным *F. vesiculosus*. Подсчет количества эмбрионов на пластинах при снятии опыта показал, что эмбрионы *F. edentatus* лучше удерживаются на субстратах. За время экспозиции течением было смыто около 30% эмбрионов этого вида, в то время как количество смытых эмбрионов *F. vesiculosus* достигало 45%. Полученные результаты позволяют прийти к заключению, что *F. edentatus* является более адекватным объектом для моделирования процессов биообрастания подводных конструкций.

Таблица 1. Влияние гидродинамических условий на объем (млн. мкм³) и соотношение длины и максимального диаметра эмбрионов водорослей. (Представлены средние величины и доверительные интервалы, $\alpha = 0,05$)

Параметр	Объект	Контроль	Турбулизация	Ламинаризация
Объем	<i>F. vesiculosus</i>	1,61±0,07	1,85±0,05	1,32±0,03
	<i>F. edentatus</i>	2,87±0,23	3,56±0,20	2,76±0,19
Длина / диаметр	<i>F. vesiculosus</i>	2,84±0,04	3,01±0,04	2,64±0,04
	<i>F. edentatus</i>	4,11±0,14	4,28±0,12	4,01±0,11

Исследования влияния на ранний эмбриогенез фукоидов ингибиторов процессов адгезии показали, что наиболее эффективно прикрепление зигот к субстрату подавляется в присутствии ЭГТА (табл. 2). Несмотря на то, что ЭГТА часто рассматривают, как высокоспецифичный хелатор Ca²⁺, известно, что это вещество также связывает и другие двух- и одновалентные ионы. Поскольку агенты, блокирующие работу Ca²⁺-каналов (верапамил, нифедипин), в физиологических концентрациях не оказывают значимого влияния на адгезию зигот, можно предположить, что ингибирующий эффект ЭГТА связан с удалением из среды других ионов. В основе необратимого закрепления адгезивного вещества, выделяемого зиготами, лежит формирование поперечных сшивок между фенольными группами. Этот процесс катализируется галопероксидазами – специфической группой ферментов, каталитический центр которых содержит ионы ванадия. Мы предполагаем, что именно удалением из среды ванадия может объясняться эффект ЭГТА.

Таблица 2. Влияние ингибиторов адгезии на прикрепление к субстрату зигот фукоидов. Приведены средние арифметические значения (% прикрепившихся зигот); погрешности не превышают 10%. ВП – верапамил, НФ – нифедипин

Объект	ЭГТА		ВП, 10 мкМ	НФ, 10 мкМ	LaCl ₃ , 1 мМ	CoCl ₂ , 2,5 мМ	MnCl ₂ , 25 мМ
	0,5 мМ	0,25 мМ					
<i>F. vesiculosus</i>	0	24,34	68,24	77,20	53,93	60,70	79,23
<i>F. edentatus</i>	0	35,14	88,50	84,70	37,88	75,46	73,44

Соли лантана, кобальта и марганца в концентрациях от 1 до 25 мМ, эффективные для многих беспозвоночных, обладающих сходными механизмами прикрепления, не оказали значительного влияния на прикрепление зигот фукоидов или проявили неспецифический токсический эффект (LaCl₃).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 08-04-01007-а и 09-04-10050-к).

Цитология, Гистология, Эмбриология

Бабаханова Р.А., Смирнова Н.П., Кондакова Е.А., Стрекаловский И.В., Костюченко Р.П. Влияние ингибитора активации MAPK U0126 на развитие моллюска *Testudinalia tessellata*

Проблема детерминации клеточных линий и становления осевых отношений у Spiralia, т.е. у животных со спиральным типом развития (Аннелиды, Моллюски и др.) имеет более чем вековую историю. Классическими экспериментами по изоляции, удалению или по трансплантации бластомеров обосновано представление о том, что у Spiralia спецификация разнообразных клеточных линий во время развития личинки трохофоры обеспечивается материнскими факторами, которые синтезируются во время оогенеза. Однако, как следует из исследований последних лет, наряду с автономной спецификацией в раннем развитии Spiralia важную роль играют также и индуктивные процессы, существенным элементом которых служит так называемый сигналинг, т.е. молекулярные механизмы передачи сигналов от одной клетки к геному другой.

При проведении детального анализа влияния ингибитора активации MAP-киназного пути U0126 на развитие моллюска *Testudinalia tessellata* выяснилось, что наибольший эффект блокатора наблюдается при культивировании зародышей до шестого цикла дробления, при этом следует отметить, что имеется шкала корреляции выраженности дефектов и повышения концентрации, особенно при длительных экспозициях.

Наши данные говорят в пользу необходимости активации МАРК при переходе от 32- к 64-клеточной стадии развития исследуемого моллюска. В этом случае наблюдалось отсутствие личиночного ретрактора. При длительном содержании объектов в растворе U0126, т.е. начиная со стадии 4–8 бластомеров и заканчивая стадией 64 бластомеров, спектр нарушений был существенно шире. У значительной части личинок отмечено не только отсутствие ретрактора, но и изменение размеров и формы раковины вплоть до полного отсутствия и в редких случаях уменьшение размеров паруса.

Следует отметить, что ни в одном из экспериментов, проведенных нами, не было получено нарушения спецификации дорсо-вентральной оси, приводящего к развитию личинки с четырехлучевой радиальной симметрией. Отсутствие эффекта радиализации личинок даже при высоких концентрациях U0126 было отмечено и для моллюска *Patella vulgata* (Lartillot et al., 2002), в то время как для ряда других моллюсков эффект нарушения спецификации дорсо-вентральной оси при блокировании активации МАРК был неоднократно показан. Это говорит в пользу существования разных молекулярных механизмов определения вторичной оси тела среди животных группы Spiralia.

Вместе с тем наши данные, как и данные, полученные другими исследовательскими группами, говорят о том, что активация МАРК на стадиях раннего дробления, очевидно, требуется для спецификации энтомезодермы и такой механизм спецификации конкретной клеточной линии у аннелид и моллюсков является эволюционно-консервативным.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 07-04-00201-а).

Борисенко И.Е., Ересковский А.В. Ультраструктура тентакулярного аппарата личинки *Bolinopsis infundibulum* (Stenophora, Lobata)

Тентакулярный аппарат личинки гребневика *Bolinopsis infundibulum* составляет пара щупалец, каждое из которых представляет собой короткий неветвящийся стерженек, проксимальный отдел которого (так называемый корень щупальца) утоплен в тентакулярном кармане. Целью данной работы мы поставили ультраструктурное описание щупальца и его корня у личинки бореального гребневика *Bolinopsis infundibulum*. Прерогатива в изучении была отдана корню щупальца, т.к., во-первых, это позволяет проследить все стадии дифференцировки клеток, формирующих ткани ловчего аппарата, и, во-вторых, – наблюдение путей дифференцировки мультипотентных клеток, популяция которых обеспечивает постоянный рост щупальца, вносит вклад в общие представления о системах стволовых клеток беспозвоночных животных.

Собственно щупальце содержит всего 3 типа клеток: коллобласты, разрушающиеся кроющие клетки и стромальные клетки с филаментами в цитоплазме, формирующие кор щупальца. Филаментозные клетки, предположительно, являются молодыми миоцитами, обеспечивающими сокращение щупальца после поимки жертвы.

На светооптическом уровне в корне щупальца личинки болинописа можно выделить следующие морфологически различные типы клеток: недифференцированные клетки, коллобласты и покровные клетки (karrenzellen), находящиеся на разных стадиях дифференцировки, а также крупные многоядерные клетки с филаментами в цитоплазме. Недифференцированные клетки в корне формируют валик, обрамляющий края отверстия, сквозь которое щупальце выходит из тентакулярного кармана. Многоядерные клетки локализованы в наиболее проксимальной части корня, а развивающиеся коллобласты и их спутники – покровные клетки – демонстрирующие отчетливую базофилию цитоплазмы и обилие вакуолей, заполняют собой все остальное пространство.

Недифференцированные клетки на поперечном срезе многогранной формы. Они имеют 8–10 мкм в длину и 3–4 мкм в поперечнике и содержат базофильную цитоплазму с 1–5 митохондриями с тубулярными кристами. Эндоплазматический ретикулум представлен единичными цистернами; в некоторых клетках цистерны выстраиваются вдоль длинной оси по периферии клетки. Число рибосом в цитоплазме чрезвычайно велико. Присутствуют цитоплазматические мостики между клетками, фланкированные митохондриями. Ядра размером 4–5 мкм вытянуты вдоль длинной оси клетки, часто деформированы и имеют неправильную форму; однако форма деформации ядра не совпадает с таковой клетки. Ядро содержит плотно упакованный эухроматин, в центре которого лежит крупное округлое ядрышко. Перинуклеарное пространство неравномерно увеличено, ширина его может достигать 350 нм.

Дифференцировка коллобластов происходит в кластерах, включающих покровную клетку и до 5 коллобластов. Клеточные источники для обоих типов клеток неизвестны, однако еще до формирования характерных признаков заметно, что в одних клетках получают развитие и увеличиваются в числе цистерны ЭПР, в то время как в других выражен активный комплекс Гольджи.

Затем цистерны ЭПР будущего коллобласта округляются и электронная плотность материала, заполняющего просвет цистерны, повышается. Растущие Р-тельца (электронноплотные гранулы, содержащие клейкий секрет) заполняют собой всю цитоплазму, располагаясь хаотично.

Покровные клетки в это время ведут себя иначе. Объединяя коллобласты в кластер по несколько штук, кроющая клетка формирует множество вакуолей размером не более 1 мкм каждая. Кроющая клетка

превосходит коллобласты по размеру в 2–3 раза, т.е. в поперечнике она может достигать до 6–8 мкм, когда молодой коллобласт имеет всего 2–3 мкм. Ядро кроющей клетки остается транскрипционно активным, и содержит деконденсированный хроматин и плотное ядрышко. Следует отметить, что на ранних стадиях дифференцировки, когда события дегенерации еще не имеют места, ядра кроющих клеток всегда отличаются от таковых презумптивных коллобластов несколько более низкой степенью конденсации хроматина. Вакуоли содержат мелкодисперсный рыхловолокнистый материал. Позднее, когда ядро приобретает черты дегенерации, вакуоли занимают почти весь объем цитоплазмы и стремятся занять периферическое положение в клетке. Они выстраиваются напротив прилегающего коллобласта, вытягиваясь перпендикулярно его поверхности. Клетка разрушается, и на поверхности коллобластов, покрывающих щупальце, впоследствии остаются только вакуоли. Таким образом, представляется возможным следующая последовательность дифференцировки. Стволовые клетки валика дают одновременно 2 линии клеток – молодые коллобласты и покровные клетки, которые вливаются в состав собственно щупальца.

Фибриллярный материал встречается в цитоплазме клеток двух типов. Это крупные многоядерные клетки в основании корня и стромальные клетки в составе тентилл. Стромальные клетки, как уже упоминалось, образуют кор собственно щупальца. Их размеры варьируют в пределах от 7 до 10 мкм. Филаменты диаметром 9–11 нм собраны в них либо в рыхлые пучки, ориентированные вдоль длинной оси клетки, либо в веерообразные «щетки», причудливо изгибающиеся в цитоплазме, и расположенные как будто без всякого порядка.

Многоядерные клетки расположены на самом «дне» корня щупальца. Они включают 3–5 ядер неправильной формы размером 2–3 мкм каждое. Диаметр самой клетки при этом достигает 20 мкм. Цитоплазма содержит 10–20 мелких митохондрий размером 0,5–1 мкм и чрезвычайно большое количество рибосом. Филаменты в этих клетках, в отличие от стромальных, пучков не образуют, а формируют плотные скопления. Клетка содержит одно скопление филаментов, которые расположены не хаотично, но в несколько компактных групп, внутри которых филаменты располагаются по небольшим углам друг к другу.

Функции и положение этих клеток относительно главной линии дифференцировки «стволовая клетка – коллобласт/кроющая клетка» остаются неясным.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №09-04-00337-а.

Борисова Е.А.¹, Яковлева Н.В.¹, Горбушин А.М.¹ Характеристика нового лектина С-типа гемоцитов *Littorina littorea*

¹Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова (ИЭФБ) РАН

Основой иммунного механизма распознавания «свой–чужой» в защитных системах беспозвоночных животных является лектин-углеводная рецепция. Лектины являются неферментными белками, избирательно связывающимися с определенными углеводами. Суперсемейство лектинов С-типа – большая группа белков, которая характеризуется присутствием одного или нескольких специфических доменов (Carbohydrate Recognition Domain, CRD).

В рамках исследования транскриптома гемоцитов *Littorina littorea* была идентифицирована мРНК, кодирующая белок (199 аа), имеющий в своем составе сигнальный пептид и углевод-распознающий домен лектинов С-типа, характерный для белков, связывающих маннозу или галактозу. Предварительный полуколичественный анализ экспрессии гена С-лектина литорины (LitCTL) в гемоцитах показал, что базовый уровень экспрессии сравним с высоким уровнем экспрессии генов домашнего хозяйства. При взаимодействии гемоцитов с некоторыми индукторами наблюдается изменение экспрессии мРНК LitCTL. При обработке клеток фукоиданом обнаружено увеличение количества мРНК, а взаимодействие клеток с бактериями *E. coli*, напротив, вызывает снижение экспрессии исследуемого гена.

На основании данных о пространственной организации наиболее близких гомологов изучаемого белка создана вероятностная модель третичной структуры LitCTL. Бионформационный филогенетический анализ обнаружил значительный внутри- и межвидовой полиморфизм членов суперсемейства С-лектинов. В целом, анализ эволюционной динамики иммунных рецепторов моллюсков важен для понимания механизмов функционирования защитных систем Protostomata.

Гонобоблева Е. Л., Ефремова С. М. Половые клетки у губок

У губок отсутствуют специализированные органы полового размножения (гонады). Оогенез и сперматогенез имеют диффузный характер. Половые клетки у этих примитивных многоклеточных животных впервые обнаруживаются у взрослой губки в период половой репродукции. Временные образования в мезохиле – сперматоциты – являются компартментами, в которых протекает созревание мужских половых клеток. Созревание женских половых клеток происходит в непосредственном контакте с тканями материнского организма, откуда ооциты черпают энергетические запасы

Происхождение половых клеток у губок – один из самых интригующих вопросов биологии развития и сравнительной эмбриологии. Для губок характерен дуализм в происхождении половых клеток. Документально подтверждено, что половые клетки могут возникать из плюрипотентных клеток – археоцитов и из жгутиковых воротничковых клеток – хоаноцитов. Уникальной для многоклеточных животных является способность специализированных соматических клеток – хоаноцитов, вступать в мейоз и дифференцироваться в гониальные клетки.

Нами исследуется вопрос о происхождении половых клеток у двух видов губок – *Spongilla lacustris* (Demospongiae, Haplosclerida) и *Halisarca dujardini* (Demospongiae, Halisarcida). Для *S. lacustris* характерно присутствие популяции плюрипотентных ядрышковых амебоцитов, которые являются источником женских гамет, а источником мужских гамет, по литературным данным, являются хоаноциты. Для *H. dujardini* документировано хоаноцитное происхождение и женских, и мужских гамет.

Проблема происхождения гамет у низших беспозвоночных – губок, книдарий и плоских червей, тесно связана с вопросом о системе организменных стволовых клеток – i-клеток у книдарий и необластов у планарий. У губок же предполагается не только наличие популяции стволовых клеток (археоцитов), но и особые качества соматических клеток (хоаноцитов), позволяющие им дифференцироваться в половые клетки.

В настоящее время описаны универсальные морфологические и молекулярные маркеры линии половых клеток у многоклеточных. Это половые детерминанты (nuage) и ряд генов, экспрессия которых проявляется на самых ранних этапах сегрегации линии половых клеток. Мы используем эти маркеры, чтобы установить пространственно-временную картину происхождения и сегрегации линии половых клеток у исследуемых губок.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 07-04-01-703).

Мушников Н.В., Адонин Л.С.¹, Шапошникова Т.Г. Сравнение структур, связывающих антитела к мезоглеину, в гонадах двух представителей сцифоидных *Lucernaria quadricornis* и *Aurelia aurita* (Cnidaria)

¹ Институт Цитологии РАН

Из мезоглеи взрослой сцифомедузы *Aurelia aurita* был выделен неизвестный ранее белок внеклеточного матрикса, названный мезоглеином. В результате поиска известных доменов в гипотетической аминокислотной последовательности мезоглеина были обнаружены домены Delta/Serrate/Lag-2 (DSL) и Zona Pelucida (ZP), что позволило отнести мезоглеин к обширному семейству ZP-домен-содержащих белков внеклеточного матрикса. Мезоглеин является представителем суперсемейства ZP-доменных белков, в которое входят и белки блестящей оболочки млекопитающих, поэтому наше внимание привлек оогенез *A. aurita*. Оказалось, что на срезах тканей медузы антитела к мезоглеину окрашивают также и материал в области контакта ооцитов с зачатковым эпителием.

В настоящей работе начат поиск аналогичных структур у других представителей сцифоидных. Проведено сравнительное описание организации гонад и морфологических особенностей строения ооцита у *Lucernaria quadricornis* и *A. aurita*. В отличие от *A. aurita* ооциты у *L. quadricornis* объединены в фолликулы, и не связаны с оогенным эпителием. Проведено иммунохимическое окрашивание гонад *L. quadricornis*. Полученные результаты являются предварительными, но позволяют предполагать, что структуры, связывающие антитела против мезоглеина, у этих видов различаются.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 09-04-01145-а) и Правительства Санкт-Петербурга (грант 2.6/29-04/022).

Обухов Д.К., Королева Т.В., Обухова Е.В., Пушина Е.В.¹, Салман Асмаа Формирование структуры ЦНС на раннем этапе постнатального развития кижуча *Oncorhynchus kisutsch* (Walb., 1792)

¹ Институт биологии моря им. А.В.Жирмунского ДВО РАН

Оценка качества молоди ценных видов рыб, выращиваемых на рыбоводных заводах, совершенствование технологии искусственного воспроизводства рыб, является важнейшей задачей практического рыбоводства и рыбоводной науки, особенно в связи с проблемой акклиматизации ряда видов Тихоокеанских лососей в Белом и Баренцовом морях. Условия выращивания мальков существенно влияют на развитие всех систем органов рыб. Среди них особое место занимает ЦНС. Именно

степень развития нервной системы, как главной интегрирующей системы организма, определяет адаптивные возможности малька. Заводские условия выращивания с их «тепличными» (по сравнению с естественной средой) параметрами (отсутствие хищников, достаточное количества корма, температурный режим и т.д.) оказывают существенное влияние на темпы роста мальков и темпы формирования их нервной системы. В экспериментах на мальках осетровых рыб, семги, горбуши было показано, что развитие ЦНС мальков, выращиваемых определенное время в условиях завода, существенно отличалось от такового у диких форм (Касимов, 1980; Никоноров, Витвицкая, 1993; Обухов и др., 2001, Обухов и др., 2002, Обухов и др., 2009). При этом комплекс поведенческих реакций формировался адекватно тем условиям, в которых находились мальки. При изменении среды обитания (при выпуске в естественные условия) эти навыки не срабатывали, и малькам был необходим определенный период времени для адаптации в новых условиях существования, что, конечно, не проходило для популяции бесследно – большое количество мальков погибало.

В работе впервые исследован процесс развития основных отделов головного мозга у лосося кижуча - *Oncorhynchus kisutsch* (Walb., 1792). Изучалась структура конечного мозга взрослых особей и мальков – «заводских» и «диких» с навеской в 600 и 1000 мг. Цитоархитектонический анализ структуры полушарий конечного мозга взрослого кижуча показал, что этот вид лососевых рыб обладает наиболее дифференцированными полушариями (по сравнению с другими видами Тихоокеанских лососей). У молоди кижуча (как «заводской», так и «дикой») с навеской в 600 мг в полушариях формируется две области: дорсальная (паллиальная) и вентральная (субпаллиальная), которые, в свою очередь, подразделяются на ряд зон. В отличие от других изученных ранее видов лососевых рыб (семга, горбуша, сима, кета), у мальков кижуча уже на этой стадии развития в дорсальной области полушарий четко дифференцируются две центральных подзоны: Dc-1 и Dc-2, а в вентральной области – выделяется промежуточная зона – Vi. Центральная зона (D.c.) является одной из важных в функциональном отношении зон конечного мозга рыб, получая и обрабатывая мультисенсорную информацию. Ее дифференциация на ряд подзон свидетельствует о формировании сложной морфо-функциональной архитектоники полушарий. Более дифференцированное строение вентральной области мозга кижуча также свидетельствует о более сложном строении конечного мозга у данного вида лососевых рыб. Известно, что общей тенденцией в эволюционном развитии конечного мозга Лучеперых рыб является все более дробное подразделение дорсальных и вентральных областей

полушарий на зоны и подзоны. Показано, что чем больше отдельных зон и областей определяется в структурах мозга, тем выше уровень морфофункциональной организации всей ЦНС животного (Nieuwenhyus et al., 1990; Обухов, 1999 и др.).

Таким образом, анализ общей структуры полушарий конечного мозга молоди кижуча как одного из видов лососевых рыб показал, что, начиная с ранних этапов развития мальков, полушария у кижуча более дифференцированы, чем у молоди горбуши и симы. (Обухов и др., 2009). Сравнительный анализ цитоархитектоники отдельных зон полушарий конечного мозга молоди кижуча и составляющих их нейронных популяций показал, что «заводские» и «дикие» мальки с навеской в 600 мг имеют практически идентичную цитоархитектонику в одноименных зонах полушарий. Однако при сходстве в общей цитоархитектонике полушарий, количественные параметры нейронных популяций «заводских» и «диких» мальков с навеской в 600 мг различаются. У «диких» мальков средние размеры нейронов в ряде одноименных зон полушарий больше, чем у заводских, причем в ряде функционально важных зонах полушарий (Dd, Dc-m., D.c-d., Dm) эти различия достоверны. «Заводские» мальки с навеской в 1000 мг довольно сильно отличаются по количественным показателям нейронных популяций от соответствующих параметров конечного мозга мальков с навеской 600 мг. Идет заметный рост мозга, что проявляется в статистически достоверных различиях размеров нейронов в одноименных зонах полушарий и в увеличении размеров самого мозга (с 400-430 тыс.мкм² у мальков в 600 мг – до 550 тыс.мкм² у мальков с навеской в 1000 мг).

Видимое выравнивание темпов роста мозга у «диких» и «заводских» мальков с навеской в 1000 мг, как по качественным, так и по количественным параметрам нейронных популяций свидетельствует о создании на рыбзаводе технологических условий, приближенных к естественной среде. Полагаем, что заводские мальки кижуча с навеской в 800 – 1000 мг, выращенные в предложенных рыбзаводом условиях, будут иметь достаточно развитую нервную систему. Это позволяет надеяться, что «заводские» мальки, выпущенные в естественную среду, успешно к ней адаптируются и выживут.

Пухов К.А., Кудрявцев И.В., Жахов А.В.¹, Дижее Г.П., Полевщиков А.В. Получение и исследование функциональной активности компонентов комплемента С3 и С3а в межвидовых гетерогенных системах

¹Институт особо чистых биопрепаратов, С.-Петербург

Тиол-содержащие белки (ТЕР) обнаружены у представителей практически всех таксонов животных, в том числе у нематод, членистоногих, иглокожих и хордовых. У человека в настоящее время известно 7 белков, относящихся к ТЕР: С3, С4, С5 компоненты комплемента, $\alpha 2$ -макроглобулин, PZP, поверхностный клеточный маркер CD109 и белок KIAA1283. При всем разнообразии выполняемых функций все эти белки имеют в своем составе β -цитидин- γ -глутамил тиоэфирный сайт. Наличие данного сайта дает возможность этим белкам образовывать ковалентные связи с различными субстратами.

Целью настоящей работы является выделение тиол-содержащих белков и продуктов их протеолитического распада, а именно С3 и С3-подобных белков, из циркулирующих жидкостей различных организмов: человека, морской звезды, миноги и асцидии, и последующий структурно-функциональный анализ этих белков. Мы предполагаем исследование функциональной активности выделенных очищенных компонентов комплемента в гетерогенных системах: а именно, влияние белков одного организма на протеолитические системы других организмов *in vitro*.

Мы провели выделение белка С3 и реагента С3 (RC3) человека из плазмы крови иммуноаффинной хроматографией на колонке сефарозы G-10 (Sigma) D=2,5 см, h= 71 см с моноклональными антителами против С3 с последующей ультрафильтрацией. Выделение С3а провели с использованием аффинной хроматографии с моноклональными антителами против С3а человека, полученных из гибридом на колонке с сефарозы 4В (Sigma). Методами иммуноферментного анализа (ИФА) определили содержание С3 и С3а в пробах. Для доказательства чистоты препаратов, мы провели изоэлектрическое фокусирование с последующим ПААГ-электрофорезом (двумерный электрофорез) выделенных С3 и С3а человека. Также, провели анализ литической активности С3 на эритроцитах барана в вероналовом буфере.

Сбор целомической жидкости морских звезд *Asterias rubens* проводили в июне–августе 2009 г. на базе ББС ЗИН РАН. Все животные до начала эксперимента были разделены на равноценные по размерам животных группы (с длиной луча не более 6 см). Забор целомической жидкости осуществляли при помощи одноразовых стерильных шприцов объемом 20 мл. Образцы немедленно центрифугировали 10 мин. при 300g, супернатант переносили в стерильные пробирки и добавляли ингибитор

протеаз PMSF, после чего хранили для проведения дальнейших исследований при температуре -70°C .

Мы провели оценку миграционной способности целомоцитов морской звезды *Asterias rubens* в ответ на присутствие выделенных ранее СЗ и СЗа человека при помощи модифицированных камер Бойдена с поликарбонатной мембраной. В нижнюю часть камеры вносили исследуемые образцы, по завершении инкубации проникшие в нижнюю часть камеры целомоциты фиксировали метанолом, окрашивали красителем Гимза, количественную оценку проводили на инвертированном микроскопе, определяя количество клеток на 1 мм^2 .

Также, мы провели двумерный электрофорез тотального белка целомиической жидкости *Asterias rubens*: показали присутствие восьми белков, в том числе, низкомолекулярных белков порядка 10 кДа. Мы предполагаем в ближайшее время применить преципитацию в полиэтиленгликоле (PEG) и ионообменную хроматографию для выделения СЗ-подобного белка *Asterias rubens*.

Сухачев А.Н.¹, Кудрявцев И.В.¹, Пухов К.А.¹, Лямина И.В.¹, Полевщиков А.В. Влияние компонентов каскада комплемента и цитокинов на функциональную активность целомоцитов морской звезды *Asterias rubens*

¹ НИИ экспериментальной медицины СЗО РАМН

В рамках исследования исходных функций каскада комплемента у представителей вторичноротых животных была предпринята попытка оценить влияние СЗ и СЗа компонентов каскада комплемента, а также ИЛ-8 и ФНО-альфа на функциональную активность целомоцитов беломорской морской звезды *Asterias rubens*. Сбор экспериментальных животных проводился на Беломорской биологической станции "Картеш" ЗИН РАН. Для оценки кислородного метаболизма целомоцитов базовой методикой служил автоматизированный НСТ-тест в спонтанной и индуцированной модификациях. А способности клеток к пино- и макропиноцитозу определяли с помощью спонтанного и индуцированного теста поглощения нейтрального красного. Для экспериментов использовали полную культуральную среду, составленную на основе модифицированной питательной среды RPMI-1640, содержащей 24 г/л NaCl, 10 mM HEPES, 10% пулированной сыворотки морских звезд, 2 mM L-глутамина и 100 мкг/мл пенициллина и 100 Ед/мл стрептомицина (все реактивы - "ПанЭко", Россия). Для определения спонтанного показателя к 100 мкл клеточной суспензии добавляли по 50 мкл ФМВ, а для определения индуцированного показателя – равный объем 0,2% суспензии

зимозана А, различные концентрации С3а компонента каскада комплемента, интерлейкина-8 и фактора некроза опухолей-альфа. При оценке спонтанного уровня продукции активных форм кислорода показано, что при применении в качестве стимулятора С3а данный показатель не изменялся по сравнению с контролем. Тогда как на фоне стимуляции 0,2% суспензией зимозана наблюдалось увеличение синтеза АФК с $0,275 \pm 0,026$ до $0,431 \pm 0,026$ ед.ОП/ 3×10^5 клеток, при этом максимальные значения были зарегистрированы при использовании С3а в финальной концентрации 10нг/мл. Применение аналогичных стимуляторов в тесте поглощения нейтрального красного были получены сходные результаты. При использовании в качестве стимуляторов различных концентраций TNF и IL-8 показали, что IL-8 достоверно повышал уровень продукции АФК. Следует отметить, что оптимальным уровнем концентрации цитокина является 10 пкг/мл (с $0,361 \pm 0,015$ до $0,442 \pm 0,019$ ед.ОП/ 3×10^5 клеток), но не 1 пкг/мл или 100 пкг/мл. Использование ФНО-альфа в малых дозах (финальная концентрация 10 МЕ/мл) вызывало незначительное повышение уровня продукции АФК до $0,401 \pm 0,010$ ед.ОП/ 3×10^5 клеток, повышение концентрации данного цитокина до 50 МЕ не вызывало увеличения метаболической активности клеток по отношению к контролю, а при концентрации 100 МЕ уровень АФК снижался до $0,297 \pm 0,012$ ед.ОП/ 3×10^5 клеток.

Таким образом, проведённые исследования подтвердили, что целомоциты звезды обладают способностью к продукции активных форм кислорода, а также поглощают коллоидные частицы нейтрального красного. Показано влияние цитокинов на эти функциональные способности и определены их оптимальные концентрации. Были дополнены представления о роли компонентов каскада комплемента в активации всего клеточного звена врожденного иммунитета низших вторичноротых животных и доказано, что функции С3а не ограничиваются привлечением циркулирующих клеток в очаг проникновения патогена.

Участники XI научной сессии МБС СПбГУ

<i>Автор</i>	<i>Стр.</i>	<i>Автор</i>	<i>Стр.</i>
Адонин Л.С.	62	Кудрявцев И.В.	65, 66
Бабаханова Р.А.	56	Кузнецова Е.К.	13
Билова Т.Е.	51	Кулева Н.В.	8
Борисенко И.Е.	57	Лаврова О.Б.	46
Борисова Е.А.	60	Лоскутова З.И.	41
Братова О.А.	36	Лямина И.В.	66
Букина М.В.	11	Максимович Н.В.	21
Вакатов А.В.	19	Максимович Н.В.	33
Гагаринова Н.Г.	44	Мальшев А.Е.	17
Генельт-Яновский Е.А.	21	Манылов О.Г.	44
Герасимова А.В.	13	Мартынова Д.М.	19
Гимельбрант Д.Е.	9	Маслов Ю.И.	50, 51, 54
Гонобоблева Е. Л.	61	Мингазов Н.Д.	19
Горбушин А.М.	60	Михайлова Н.А.	41
Горожанина Е.М.	38	Мовчан Е.А.	29
Гранович А.И.	41	Мушников Н.В.	62
Гречина Д.С.	38	Назарова С.А.	21
Гуменная М.А.	44	Нефедова Е. А.	43
Диже Г.П.	65	Никитин О.М.	44
Ересковский А.В.	57	Обухов Д.К.	62
Ершов П.Н.	16	Обухова Е.В.	62
Ефимова Л.Н.	44	Патрушева А.О.	47
Ефремова С. М.	61	Полевщиков А.В.	65, 66
Жахов А.В.	65	Полоскин А.В.	47
Иванов М.В.	11, 25	Полоскин А.В.	17
Клименко Н.С.	44	Полякова Н.В.	22
Кондакова Е.А.	56	Пухов К.А.	65, 66
Королева Т.В.	62	Пущина Е.В.	62
Костюченко Р.П.	56	Раилкин А.И.	44, 54

<i>Автор</i>	<i>Стр.</i>	<i>Автор</i>	<i>Стр.</i>
Крупенко Д.Ю.	39	Савельев Ю.В.	44
Салман Асмаа	62	Тараховская Е.Р.	50, 51, 54
Серов В.Г.	44	Тихомиров И. А.	43
Слесарев Н.А.	22	Фатеев Д.А.	31
Слуцкая С.А.	47	Филиппова Н.А.	33
Смагина Д.С.	25	Хайтов В.М.	47
Смирнова Н.П.	56	Чикадзе С.З.	44
Старунов В.В.	38	Чужекова Т.А.	31
Старунов В.В.	46	Шапошникова Т.Г.	62
Стогов И.А.	29, 31	Шевченко В.В.	44
Стогов И.И.	27	Шилова О.А.	44
Стрекаловский И.В.	56	Шунькина К.В.,	17
Сухачев А.Н.	66	Яковлева Н.В.	60

Шатских Е.В., Лайус Д.Л., Иванова Т.С. Пространственное распределение молоди трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* L. в районе Керетского архипелага в море и в эксперименте.

Долговременные колебания численности трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* L. и морской травы *Zostera marina* L. в Белом море имеют сходный характер. В частности, резкое снижение численности обоих видов наблюдалось в 1960-х гг., а в настоящее время наблюдается возрастание. Многие исследователи считают, что это связано с тем, что успех размножения колюшки зависит от наличия зарослей зостеры. Однако механизмы этой связи непонятны. Как было показано в наших предыдущих исследованиях (Иванова и др., 2009), распределение взрослых особей и мальков различается. Если плотности взрослых особей в нерестовый период в зарослях фукоидов и зостеры отличаются незначительно, то мальков гораздо больше в зостере, чем в фукусах. В настоящей работе мы поставили цель с помощью эксперимента выяснить, происходит ли активный выбор мальками того или иного типа растительности, и может ли такой выбор вносить вклад в гетерогенность распределения молоди колюшки, наблюдаемой в природных условиях.

Отлов мальков в море проводили летом 2009 г. в районе Керетского архипелага (Белое море, Кандалакшский залив, губа Чупа) равнокрылым неводом длиной 7,5 м, с ячейей в крыльях 5 и 3 мм, мотней из газа с ячейей 1 мм, и площадью тони около 150 м².

В 2009 г. на участках с плотными зарослями зостеры (г. Сельдяная) мальки в невод начали попадаться 18 июля, а их плотность 1 августа составила 122 экз./м², к концу августа численность мальков сократилась примерно на 10%. На участках с зарослями фукусов (район о. Горелый и о. Кереть) мальки появились примерно на неделю позже, 1 августа их численность составляла соответственно 9 экз./м² и 0,6 экз./м² и сократилась за месяц в 30–100 раз. Таким образом, на участках с зарослями зостеры молодь появляется несколько раньше, ее численность выше более чем в 10 раз, чем на участках с зарослями фукоидов. При этом снижение численности происходит существенно медленнее в зарослях зостеры. В целом, сходная картина отмечена и в 2008 г.

В экспериментальных работах мы предлагали малькам различные субстраты, плотность которых примерно соответствовала наблюдаемой в природе: зостеру (плотность 2116 г/м²) и фукусы (3703 г/м²). В связи с тем, что в естественных условиях густота зарослей зостеры и фукусов существенно различается, нами был использован еще один субстрат – разреженные фукусы (794 г/м²), проективное покрытие которых примерно соответствовало естественным зарослям зостеры. В две емкости размером 225×70×50 см помещали по 250 мальков (типичная плотность мальков в

прибрежье) и предлагали им по 2 кюветы (27×35 см) с субстратом разного типа. Эксперимент проводили в темное и светлое время суток. По истечении 9 часов после начала эксперимента численность мальков в zostере варьировала от 19 до 44 экз. ($29,3 \pm 3,4$), в фукусах – 6–23 экз. ($12,9 \pm 2,3$), в разреженных фукусах – 2–17 экз. ($7,6 \pm 1,8$) в светлое время суток. В темное время суток численность в zostере составляла 15–69 экз. ($32,3 \pm 5,8$), в фукусах – 7–30 экз. ($16,9 \pm 2,5$), в разреженных фукусах – 4–19 экз. ($9 \pm 2,0$). По результатам дисперсионного анализа численность мальков в zostере в среднем выше, чем в обоих вариантах фукусов, в то время как численность мальков в нормальных и разреженных фукоидах была сходной. Следовательно, в эксперименте мальки колюшки предпочитают zostеру фукоидам даже в том случае, если плотность зарослей фукоидов выше.

Таким образом, результаты наших экспериментов говорят о том, что распределение молоди в природе, где более высокая плотность мальков наблюдается в zostере, может быть отчасти обусловлено активным предпочтением именно этого биотопа. Существенно меньшее снижение численности молоди, наблюдаемое в зарослях zostеры, может быть связано как с меньшим уровнем смертности в данном биотопе, так и с возможными миграциями подросшей молоди из других биотопов. По-видимому, эти факторы действуют вместе с другими, такими как более благоприятные условия питания в зарослях zostеры и возможное предпочтение взрослыми зарослей zostеры в качестве нерестового субстрата.

Исследования проводились при поддержке гранта РФФИ 09-04-01357-а