



Х НАУЧНАЯ СЕССИЯ  
МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

# ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Санкт-Петербург  
2009

БИОЛОГО-ПОЧВЕННЫЙ ФАКУЛЬТЕТ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

X НАУЧНАЯ СЕССИЯ  
МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

9 февраля 2009 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Санкт-Петербург  
2009

Оргкомитет X 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.

X научная сессия МБС СПбГУ. Тезисы докладов. СПб., 2009. 72 с.

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

© Биолого-почвенный факультет СПбГУ, 2009.

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.

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

## Содержание

### Биохимия

- Кокряков В.Н., Алешина Г.М., Меньшенин А.В., Краснодембская А.Д., Мальцева А.Л., Комлев А.В., Овчинникова Т.В.** Антимикробные пептиды беломорских беспозвоночных как молекулярные прототипы антибиотиков нового поколения 7
- Кулева Н.В.** Применение протеомики в водной экотоксикологии 8

### Ботаника

- Кучеров И.Б., Головина Е.О., Чепинога В.В., Гимельбрант Д.Е., Максимов А.И., Максимова Т.А.** Классификация сосновых лесов и редколесий Керетского Беломорья 11

### Генетика

- Барabanова Л.В., Магомедова З.М.** Цитогенетический и молекулярный анализ кариотипа *Jaera albifrons* sp. Белого моря 13

### Гидробиология, Ихтиология

- Герасимова А.В., Филиппова Н.А., Кузнецова Е.К.** О соленостной устойчивости *Arctica islandica* L. (Mollusca, Bivalvia) в Белом море 15
- Ершов П.Н.** Многолетние исследования питания керчака (*Myoxocephalus scorpius* Linnaeus) в губе Чупа Кандалакшского залива Белого моря 17
- Иванова Т.С., Лайус Д.Л., Шатских Е.В., Попов В.А.** Пространственное распределение молоди и взрослых особей трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* L. в районе Керетского архипелага (Кандалакшский залив, Белое море) в 2008 г. 19
- Кругликов О.Е., Иванов М.В.** Результаты длительного воздействия мидиевых хозяйств на бентосные сообщества кустовой части Соноостровской Салмы (Кандалакшский залив, Белое море) 21
- Кузнецова Е.А., Кутчева И.П., Примаков И.М., Чернова Е.Н.** Особенности развития холодноводных калянид Кандалакшского залива Белого моря 23
- Назарова С.А., Генельт-Яновский Е.А.** Структура поселений *Masota balthica* L. в осушной зоне Кольского залива и Восточного Мурмана 25
- Смагина Д.С., Иванов М.В.** Восстановление морских бентосных сообществ Белого моря после воздействия марикультуры 27

- Старков А.И., Полякова Н.В.** Вертикальная неоднородность температуры и солености в литоральных наскальных ваннах 29
- Филиппова Н.А., Максимович Н.В.** О смещениях в результатах классификации сообществ литорального макробентоса, возникающих при изменении режима пробоотбора 31

### Зоология беспозвоночных

- Алексеева Н.В.** Пространственная реконструкция основных элементов нервной система *Nymphon rubrum* (Pantopoda) 34
- Даугавет М.А., Халаман В.В.** Изменение частоты сердечных сокращений у двустворчатого моллюска *Hiatella arctica* L. как реакция на присутствие в воде экскреторно-секреторных продуктов некоторых гидробионтов 35
- Краснодембский Е.Г., Попов В.А., Шульман Б.С., Иванова Т.С.** Паразитофауна трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* L. в акваториях устья губы Чупа или Керетского архипелага (Белое море, Кандалакшский залив) 37
- Кузьмин А.А., Фокин М.В.** К разработке молекулярно-генетических маркеров видовой диагностики видов-двойников комплекса *Jaera albifrons* (Crustacea: Isopoda) беломорских и баренцевоморских поселений 39
- Кузьмин А.А., Хайтов В.М.** Существует ли сегрегация беломорских видов комплекса *Jaera albifrons* (Crustacea: Isopoda) по разным видам фукоидов? 40
- Маньлов О.Г.** Иммунореактивность к серотонину в нервной системе регенерирующих особей *Turbanella cornuta* (Gastrotricha) 42
- Нефедова Е.А., Гोनоблева Е.Л., Тихомиров И.А.** *Sycon* sp. (Porifera, Calcarea, Calcaronea) в условиях аквариальной культуры 43
- Попов В.А., Краснодембский Е.Г., Шульман Б.С., Шатских Е.В., Иванова Т.С.** Об изменении питания и паразитофауны окуня (*Perca fluviatilis* L.) оз. Кривое (Карельский берег, Белое море) за 40 лет 44
- Попов В.А., Раилкин А.И.** Влияние различных концентраций кальция в морской воде и верапамила на подвижность и связь с субстратом турбеллярии *Convoluta convoluta* 45
- Попова О.С., Смуров А.О., Хлебович В.В.** Разработка метода оценки соленостных толерантных границ у инфузорий по показателю активности клеток 47
- Раилкин А.И., Чикадзе С.З., Никитин О.М., Гагаринова Н.Г.** Общие подходы и методические особенности исследований по проблеме защиты от биологического обрастания на базе ЦКП «Морской аквариальный комплекс» 49

<b>Раилкин А.И., Чикадзе С.З., Шилова О.А., Ефимова Л.Н., Сафина Д.А., Попов В.А., Савельев Ю.В., Серов В.Г.</b> Исследование механизмов прикрепления обрастателей и новые подходы к экологически безопасной защите от морского обрастания	51
<b>Старунов В.В., Лаврова О.Б., Тихомиров И.А.</b> Морфологическое исследование клеточных источников роста полихеты <i>Nereis virens</i>	53
<b>Чикадзе С.З., Раилкин А.И.</b> Подавление прикрепления личинок <i>Gonothyraea loveni</i> в морской воде с разным содержанием кальция	54

#### *Физиология и биохимия растений*

<b>Барينوва К.В., Маслов Ю.И., Тараховская Е.Р.</b> Характеристика пигментного состава ряда симбиотических штаммов <i>Nostoc</i> sp., являющихся фотобионтами лишайников р. <i>Peltigera</i> и <i>Nephroma</i>	57
<b>Тараховская Е.Р., Билова Т.Е.</b> Содержание пероксида водорода в тканях литоральных макрофитов <i>Fucus vesiculosus</i> L. и <i>Ascophyllum nodosum</i> (L.) Le Jolis.	58

#### *Цитология, Гистология, Эмбриология*

<b>Борисенко И.Е., Ересковский А.В.</b> Щупальце личинки беломорского гребневика <i>Bolinopsis infundibulum</i> (Lobata)	60
<b>Гонобоблева Е.Л., Мухина Ю.И., Футикова Т.И., Ефремова С.М.</b> К вопросу о гаметогенезе и источниках гамет у двух губок: <i>Spongilla lacustris</i> (Demospongiae, Haplosclerida) и <i>Halisarca dujardini</i> (Demospongiae, Halisarcida)	62
<b>Зайцева О.В., Петров С.А., Маркосова Т.Г.</b> Исследование организации нервной системы беломорской немертины <i>Malacobdella grossa</i>	63
<b>Корчагина Н.М.</b> Клонирование и анализ последовательностей 18S рДНК беломорской и североморской популяций полихеты <i>Nereis virens</i>	65
<b>Обухов Д.К., Королева Т.В., Обухова Е.В., Пущина Е.В.</b> Формирование структуры ЦНС в ранний этап постнатального развития симы <i>Oncorhynchus masu</i> Breu.	66
<b>Шапошникова Т.Г., Матвеев И.В., Адонин Л.С., Лазарева А.В., Подгорная О.В.</b> Мезоглеин и родственные ему белки из тканей сцифомедузы <i>Aurelia aurita</i> – наиболее древние представители ZP-домен-содержащего семейства белков внеклеточного матрикса	68
<b>Шарлаимова Н.С.,<sup>1</sup> Петухова О.А.<sup>1</sup></b> Характеристика субпопуляции клеток целомического эпителия морской звезды <i>Asterias rubens</i> L.	69

<b>Участники X Научной сессии МБС СПбГУ</b>	71
---	----

**Кокряков В.Н., Алешина Г.М.<sup>1</sup>, Меньшенин А.В.,  
Краснодембская А.Д., Мальцева А.Л., Комлев А.В., Овчинникова Т.В.<sup>2</sup>**

Антимикробные пептиды беломорских беспозвоночных как молекулярные прототипы антибиотиков нового поколения

<sup>1</sup> ГУ Научно-исследовательский институт экспериментальной медицины РАМН

<sup>2</sup> Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН

Антимикробные пептиды (дефенсины, кателицидины, цекропины, магейнины и др.) являются одними из ключевых молекулярных факторов механизмов защиты животных от инфекции, мобилизующихся в первые минуты и часы взаимодействия макроорганизма с патогенами. Изучение структурно-функциональных особенностей антимикробных пептидов животных, находящихся на разных уровнях эволюционного развития, представляет теоретический (понимание закономерностей становления и эволюции молекулярных факторов врожденного иммунитета) и практический интерес. Антимикробные пептиды по сравнению с традиционными антибиотиками микробного происхождения обладают более низкой минимальной подавляющей микроорганизмы концентрацией, более широким спектром антибиотического действия, включающим грамположительные и грамотрицательные бактерии, грибки, оболочечные вирусы и простейшие, не вызывают появления устойчивых к ним штаммов микроорганизмов, предотвращают эндотоксинемию. Указанные преимущества рассматриваемых антимикробных пептидов животного происхождения перед используемыми в медицине антибиотиками порождают интерес к изучению пептидов различных животных для последующего использования их структур в качестве “матриц” для разработки антибиотических препаратов нового поколения.

Нами изучены структурно-функциональные свойства антимикробных пептидов, выделенных из различных видов беспозвоночных животных, обитающих в акватории Белого моря. Из мезоглеи тела сцифоидной медузы *Aurelia aurita* – представителя типа кишечнополостных – выделен антибиотический пептид аурелин, проявляющий антимикробную активность в отношении бактерий *L. monocytogenes* и *E. coli*, сопоставимую с активностью дефенсина кролика NP-1. Определены молекулярная масса (4296,95 Да), полная аминокислотная последовательность (AACSDRAHGHICESFKSFCKDSGRNGVKLRANCKKTCGLC) аурелина и последовательность матричной РНК пептида. Установлено, что полная

последовательность предшественника состоит из 84 аминокислотных остатков, сигнальный пептид и прочая часть которого включают по 22 остатка. Показано частичное сходство структуры этого пептида с дефенсинами насекомых и токсинами морских анемонов, блокирующими калиевые каналы.

Из целомоцитов пескожила *Arenicola marina* – представителя многощетинковых червей типа Annelida – выделены два новых катионных пептида (ареницины 1 и 2), обладающие антимикробной активностью в отношении бактерий, а также гриба *Candida albicans*. Определена первичная структура пептидов – RWCYAYVRXRGVLRVYRRCW, где X – V (ареницин 1) или I (ареницин 2) – и структура их генов. Выделенные пептиды принадлежат к новому структурному семейству пептидных антибиотиков с одной дисульфидной связью.

Другим объектом нашего исследования были пептиды из целомоцитов морской звезды *Asterias rubens* (представитель типа иглокожих). Выделены и идентифицированы 8 пептидов и показано, что 5 из них представляют собой фрагменты цитоплазматических и ядерных белков. Два пептида являются фрагментами молекулы актина, два других – фрагменты молекулы гистона H2A. Один из пептидов (ArFln-1: KKFNRQIPGSPFKIIVG) – фрагмент Ig-подобного домена актин-связывающего белка филамина. Этот пептид проявляет ингибирующую активность в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий и гриба *Candida albicans*, причем минимальные ингибирующие концентрации против микробных клеток сравнимы с таковыми, характерными для большинства других антимикробных пептидов.

Таким образом, впервые выделенные и изученные нами антимикробные пептиды беломорских беспозвоночных могут рассматриваться в качестве молекулярных прототипов для химического синтеза с целью создания антибиотических препаратов нового поколения для медицины и ветеринарии.

Работа поддержана грантом РФФИ № 06-04-49416 и государственным контрактом ФАНИ № 02.512.11.2234.

### **Кулева Н.В.** Применение протеомики в водной экотоксикологии

Одним из перспективных направлений в методах контроля загрязнения водной среды является наблюдение за реакцией биологических объектов. Экотоксикологическими моделями могут служить бактерии, одноклеточные организмы, примитивные ракообразные и другие гидробионты, в том числе личинки насекомых, моллюски и рыбы. Биохимический и клеточный ответ организма на неблагоприятные

условия окружающей среды является самым быстрым и чувствительным биомаркером ее состояния. Он позволяет установить ранние повреждения организма при действии токсикантов, продемонстрировать зависимость доза–эффект и выявить адаптационные механизмы, включающиеся на самых ранних этапах развития токсикоза.

Такие известные биомаркеры токсичности, как стрессорные белки, антиоксидантные ферменты и ферменты биотрансформации ксенобиотиков, а также новые молекулярные биомаркеры, которые были выявлены при развитии протеомного подхода, могут с успехом применяться в мониторинге окружающей среды, оценке степени риска применения различных химических соединений. Количество публикаций, касающихся применения протеомики в экотоксикологии, увеличилось с 2000 по 2008 год в 10 раз.

Подходы, основывающиеся на протеомике, позволяют использовать значительно бóльший арсенал биомаркеров для характеристики ответа организма на неблагоприятные условия среды и оценить множественные изменения в клеточных белках. Одним из первых примеров использования протеомного подхода в водной экотоксикологии было изучение профилей экспрессии белков у двустворчатых моллюсков *Chamaelea gallina*, экспонированных с 4-мя модельными загрязнителями среды (Rodriguez-Ortega et al., 2003).

Двустворчатые моллюски очень часто используются в качестве биоиндикаторного организма в морских экосистемах. Это обусловлено их способностью аккумулировать загрязняющие вещества, их сидячим образом жизни, фильтрующим типом питания и повсеместным распространением. В качестве модельных загрязнителей исследовали следующие вещества: 1) Ароклор 1254, смесь полихлорированных бифенилов, которые индуцируют цитохром P450 у позвоночных и оксидативный стресс, 2) Cu(II), металл с переходной валентностью, интенсифицирующий оксидативный стресс, 3) трибутилолово (ТВТ), токсическое органическое соединение, содержащее олово, применяющееся для борьбы с обрастанием моллюсками днищ кораблей, 4) As(III), токсичный металлоид, который блокирует SH-группы и ускоряет окислительный стресс. Из экспонированных с поллютантами и контрольных моллюсков были получены цитозольные фракции, разделены двумерным электрофорезом, пятна окрашены серебрением и среди них были выделены те, которые отсутствовали в контрольных пробах, и те, которые отсутствовали в опытных пробах. Затем некоторые из этих пятен были идентифицированы с помощью масс-спектрометрии MALDI-TOF-MS и использования баз данных MASCOT, SEQUEST и др.

В работе были идентифицированы белки, принадлежащие 4 пятнам: тропомиозин, актин и его укороченный аналог, а также легкая цепь

миозина. Естественно, что помимо выделенных пятен на электрофореграммах обнаруживалось множество белковых пятен, которые не были подвергнуты анализу, но которые, несомненно, несут важную информацию о механизме действия изучаемых агентов. Экспрессия актина уменьшается в моллюсках, экспонированных с Ароклором или Cu(II), в то время как экспрессия актиноподобного белка увеличивается в аналогичных условиях. Противоположные по знаку изменения индуцируются также двумя другими загрязнителями: экспрессия актина усиливается, а актиноподобного белка уменьшается при экспозиции с ТВТ и As(III).

Представленные данные касаются лишь 4 белков и получены для того, чтобы оценить полезность протеомного подхода для обнаружения новых молекулярных биомаркеров. То, что в качестве биомаркеров загрязнения среды идентифицированы исключительно цитоскелетные белки, отражает их значительное содержание в клетках, их превалирование в базах данных для моллюсков и роль как главных мишеней вызываемого поллютантами окислительного стресса.

Для идентификации белков на электрофореграммах были разработаны десятки методов, особое значение среди которых приобрели иммуноблоттинг и микросеквенирование. Применение иммуноблоттинга возможно лишь в том случае, если имеются соответствующие антитела. Универсальным методом для идентификации белков является масс-спектрометрический анализ. С его помощью можно не только идентифицировать белки-мишени действия токсиканта, но и выявить соответствующие пост-трансляционные модификации.

Возможность с помощью подходов протеомики исследовать различные модификации белков, вызванные загрязняющими агентами, обосновывает еще одно ее применение в водной токсикологии. Среди модификаций различают посттрансляционные (наиболее распространенной является фосфорилирование), образование аддуктов с химическими веществами и окислительно-восстановительные.

В работе (McDonagh, Sheehan, 2006) исследованы такие модификации как карбонилирование, глутатионилирование и убиквитинирование белков мидий под влиянием загрязнителей и факторов окислительного стресса. Показаны различные профили модификации белков, увеличение числа окисленных белков, а также увеличение общего уровня окисления белков жабр мидий, собранных на загрязненном участке. Интересно, что главной мишенью для окисления среди белков жабр оказался актин. В соответствии с вышеизложенным, в работе, проведенной на беломорской мидии *Mytilus edulis* в Морском аквариальном комплексе СПбГУ было показано, что экспозиция с ионами меди приводит к карбонилированию актина ноги мидии, сопровождающемуся образованием сшивков между

мономерами актина и уменьшением скорости скольжения актиновых нитей в тесте "подвижность in vitro".

Таким образом, протеомика все больше используется в экотоксикологических исследованиях. Почти две трети такого рода исследований относятся к морской среде и используют двустворчатых моллюсков, ракообразных или рыб. Далеко не для всех морских животных известны геномные последовательности и это является препятствием для обнаружения новых белков-биомаркеров загрязнения водной среды и установления молекулярных механизмов токсического действия. Обнаруженные до сих пор в протеомных исследованиях белки относятся к полифункциональным и широко распространенным. Поэтому дальнейшие исследования должны быть направлены в сторону обнаружения малочисленных белков и изучения субпротеомов, т.е. групп белков, принадлежащих к определенному классу, например, определения состава изоформ глутатион-S-трансфераз, участвующих в детоксикации ксенобиотиков.

### Ботаника

**Кучеров И.Б.<sup>1</sup>, Головина Е.О.<sup>1</sup>, Чепинога В.В.<sup>2</sup>, Гимельбрант Д.Е., Максимов А.И.<sup>3</sup>, Максимова Т.А.<sup>3</sup>** Классификация сосновых лесов и редколесий Керетского Беломорья

<sup>1</sup> Ботанический институт РАН, <sup>2</sup> Иркутский государственный университет, <sup>3</sup> Институт биологии КНЦ РАН, г. Петрозаводск

По данным полевых исследований 2000 – 2007 гг., проведенных на Карельском берегу Белого моря в районе южного берега губы Чула (в радиусе 10–17 км вокруг п. Чкаловский), а также на островах Керетского архипелага (172 геоботанических описания), выполнена доминантно-флористическая (Василевич, 1995) классификация сосновых (*Pinus sylvestris*) лесов и редколесий. Выделено 11 ассоциаций с 13 субассоциациями и 8 вариантами.

1. Сосняк (С.) вороничный лишайниковый (Cladino-Pinetum (P.) empetretosum) на песках.

2. С. лишайниковый скальный (Arctoparmelio-Cladino-P.): subass. empetretosum на выходах кристаллических пород по вершинам сельг; subass. arctoetosum на обращенных в открытое море скалистых участках материкового побережья и на беломорских островах: var. typ. и приуроченный к "бараньим лбам" редкостойный var. Arctostaphylos uva-ursi.

3. С. воронично-брусничный лишайниково-зеленомошный (*Vaccinio-P. empetretosum*): var. *typ.* в верхней части и на террасах склонов сельг и озов; var. *Hylocomium splendens* в нижней половине "коротких" крутых скальных склонов.

4. С. вороничный (*Empetro hermaphroditi-P.*) по песчаным и галечным берегам беломорских островов; приурочен к высотным отметкам не более 10–15 м над у. м.

5. С. воронично-черничный зеленомошный (*Myrtillo-P. empetretosum*), широко распространен в материковой части территории и на наиболее крупных островах: var. *typ.* в нижней половине "длинных" склонов сельг, по склонам песчано-щебнистых озов, на песках по высоким берегам р. Кереть; var. *Polytrichum commune* при основании склонов сельг и озов.

6. С. папоротничково-брусничный (*Gymnocarpio-P. prov.*) в долинах ручьев, текущих под уклон 5–15 по южным либо западным склонам сельг; крайне редок в изучаемом районе.

7. С. воронично-багульниковый сфагново-зеленомошный (*Polytricho-P. empetretosum prov.*) обычен по краю сфагновых болот и на вершинах озовых гряд ("островов") среди болота.

8. С. багульниковый сфагновый (*Ledo-P.*): subass. *caricetosum globularis* var. *Cladina stygia* по краю сфагновых болот с сосной; subass. *equisetosum palustris prov.* по краю безлесных осоково-сфагновых болот в приморской полосе; обе по неглубокой (< 60 см) торфяной залежи. Subass. *typ.* var. *Cladina stellaris* развита несколько ближе к центру болота, по залежи до 120 см и более.

9. С. нитевидноосоково-вахтовый сфагновый (*Menyantho-P. caricetosum lasiocarpe*) по краю осоково-сфагновых болот и приозерных сплавин; мощность торфа 60 – 120 см и более.

10. С. молиниевый сфагновый (*Molinio-P.*): subass. *sphagnetosum warnstorffii* по краю аапа-болот; subass. *caricetosum juncellae* по берегам р. Кереть и в долинах ручьев.

11. С. ерниково-хвощовый сфагновый (*Equiseto sylvatici-P. betuletosum panae*) по краю болот при умеренно обогащенном подтоке по мелкой (до 30 см) торфяной залежи.

Из числа выделенных нами синтаксонов 6 представляет собой характерные северо-таежные субассоциации ("empetretosum", "betuletosum panae"), в рамках ассоциаций, более широко распространенных в таежной зоне Европы (*Cladino-P.*, *Vaccinio-P.*, *Myrtillo-P.*, *Polytricho-P.*, *Equiseto-P.*; см. Василевич, 1962, 1964; Рысин, 1975; Pehllsson, 1994; Кучеров и др., 2007, 2008). Напочвенный покров этих лесов обогащен гипоарктическими видами кустарничков (*Empetrum hermaphroditum*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*), на заболоченных экотопах также карликовой березкой (*Betula nana*). Это закономерно для подзоны северной тайги, а также в целом для

Гипоарктического ботанико-географического пояса (Юрцев, 1966). Широко распространенные субассоциации багульниковых сфагновых сосняков (*Ledo-P. caricetosum globularis*, *L.-P. typicum*) также представлены в регионе северо-таежными вариантами с примесью лишайников из рода *Cladina* в сфагновом покрове микроповышений.

Исключительной широтой распространения характеризуется *Menyantho-P. caricetosum lasiocarpae* – синтаксон, общий для северной и средней восточно-европейской тайги. Некоторые синтаксоны, однако, ограничены в своем распространении Фенноскандией и Балтией (*Empetro-P.*) вследствие расселения *Empetrum hermaphroditum* вдоль морских побережий в “малую ледниковую эпоху” субатлантического периода голоцена (Миняев, 1985), либо даже исключительно северной Фенноскандией (*Molinio-P. sphagnetosum warnstorffii*; *Arctoparmelio-Cladino-P. empetretosum*). Оба варианта *A.-C.-P. arctoetosum* тяготеют к приморским скально-береговым экотопам с более холодным и влажным микроклиматом, нежели в глубине материка. Благодаря произрастанию в своем составе тундровых видов (*Arctous alpina*, *Flavocetraria nivalis* и др.), эти сообщества сближают Керетское Беломорье с крайне северной тайгой Кольского п-ова и Финской Лапландии. В то же время *Gymnocarpio-P.* относится к более южным (средне- и южно-таежным) сообществам, в северо-таежном регионе тяготеющим к склонам южных экспозиций согласно “правилу предварения” Вальтера-Алехина.

Ареалы *Ledo-P. equisetosum* и *Molinio-P. caricetosum juncellae* требуют уточнения.

Высокий уровень разнообразия сообществ сосновых лесов Керетского Беломорья обусловлен расчлененным скальным рельефом, а также многообразием типов поверхностных отложений (ледниковых и водно-ледниковых, морских, торфяно-болотных) и условий микроклимата; последний фактор особенно характерен для приморской территории.

### Генетика

**Барабанова Л.В., Магомедова З.М.** Цитогенетический и молекулярный анализ кариотипа *Jaera albifrons* Белого моря

Биомониторинг и биотестирование предусматривают неотъемлемой своей частью использование методов, позволяющих оценивать генетические последствия действия факторов среды. С этой целью создаются тест-системы на основе использования индикаторных видов, которые должны отвечать целому ряду требований. Среди них –

многочисленность, широта распространения, а также возможность применения генетических критериев, отражающих степень повреждения генетического материала объекта. В этой связи равноногие раки отряда Isopoda продемонстрировали свою пригодность при создании генетической тест-системы для оценки состояния воздушной, почвенной и водной среды. В частности, беломорская фауна широко представлена литоральными равноногими раками группы *Jaera albifrons*. Уникальные особенности их жизненного цикла позволяют применить к этому объекту цитогенетический метод, предполагающий наличие подробной характеристики кариотипа.

В продолжение ранее начатых на кафедре генетики и селекции СПбГУ исследований по изучению кариотипа йер группы *J. albifrons* в цитогенетической части настоящей работы был использован метод дифференциального окрашивания хромосом митотически делящихся клеток эмбрионов йер флуорохромом DAPI. При изучении генома данных беспозвоночных животных использовали собственно модифицированный метод выделения ДНК из взрослых особей с последующим проведением ПЦР с использованием универсальных и специфических праймеров к рибосомным ядерным генам, ПЦР с использованием частично вырожденных праймеров (DOP-PCR) и праймеров со случайной последовательностью (RAPD-PCR), а также праймеров к ITS участкам рибосомных генов (ITS-PCR). Для фрагментов ДНК, полученных в результате ITS-PCR, было проведено секвенирование.

В результате впервые осуществленной дифференциальной окраски хромосом равноногих раков группы *J. albifrons* использованием флуорохрома DAPI удалось выявить А-Т богатые районы хромосом. Кроме того, анализ числа и структуры хромосом на отдельных метафазных пластинках позволил составить кариограммы для индивидуальных особей *J. albifrons* и обнаружить тонкие структурные изменения хромосом. Методы молекулярного анализа RAPD-PCR и ITS-PCR генома йер позволили выявить внутривидовые различия у йер группы *J. albifrons*. Секвенирование ITS-фрагментов показало наличие последовательностей нуклеотидов, гомологичных таковым представителей простейших типа Ciliophora и многоклеточных животных типа Plathelminthes.

**Герасимова А.В., Филиппова Н.А., Кузнецова Е.К.** О соленостной устойчивости *Arctica islandica* L. (Mollusca, Bivalvia) в Белом море

Объект нашего внимания - неординарно плотное (100 экз./м<sup>2</sup> и 700 г/м<sup>2</sup>) для Белого моря поселение двустворчатых моллюсков *Arctica islandica* L., площадью около одного гектара, расположенное в верхней сублиторали (глубины 5–15 м) на илисто-песчаном участке бентали у о. Матренин (губа Чупа, Кандалакшский залив). Сотрудники и студенты нашей кафедры изучают структуру этой биосистемы с 1984 г.: интервал 1–3 года, время сбора – конец июня – июль, орудия лова – драга и дночерпатели. Как характерную черту многолетней организации этого поселения *A. islandica* можно выделить устойчивое различие размерно-возрастной структуры поселения в разных глубинных зонах участка (Герасимова, Максимович, 2001, Герасимова, Кузнецова, Максимович, 2008): до глубины 10 м представлены все возрастные группы моллюсков, начиная с молоди, при единичной встречаемости особей длиной более 30 мм (старше 9 лет); на глубинах 10–15 м наблюдалось резкое увеличение показателей обилия моллюсков старших генераций (крупнее 30 мм) при крайне слабом присутствии особей младших возрастов (размерами менее 20 мм). Механизмом поддержания такой организации поселения может быть постоянное перераспределение особей *A. islandica* в пределах участка, например, регулярные миграции моллюсков в возрасте 7–8 лет из мелководной зоны участка на глубины более 10 м. Отмеченная неоднородность распределения *A. islandica* в пределах анализируемого участка соответствовала особенностям термо-галинного режима изученной акватории. Согласно специальным многолетним наблюдениям за гидрологическим режимом в устье губы Чупа (Примаков, 2004; Berger et al., 2003), соленость на глубинах более 10 м не опускается ниже 20 ‰, а на меньших глубинах соленость воды может снижаться почти до 10 ‰.

Для оценки возможности влияния на хорологическую структуру изученного поселения соленосных градиентов мы попытались летом 2008 г. экспериментально определить нижнюю границу потенциального соленостного диапазона *A. islandica* путем анализа толерантности неакклиматизированных особей.

Экспериментальные работы проведены в июле–августе 2008 г. на Морской Биологической станции СПбГУ (Белое море, губа Чупа,

о. Средний). Моллюски размером 13–38 мм, собранные при солености около 24 ‰ и температуре придонной воды около 13–14°C, были разделены на три размерные группы: менее 20 мм, 20–30 мм, и более 30 мм. Было проведено два опыта: (1) при температуре 14°C, и (2) при 7°C. Моллюсков рассаживали в емкости с водой соленостью 6,4; 12,4; 18,4 и 24,4‰. В каждый резервуар помещали: в первом опыте по 5 особей (по две из каждой размерной группы, только одна особь длиной более 30 мм), во втором – по 6 штук (по две из каждой размерной группы), около 0,5 л воды нужной солености и небольшой (3–4 см толщиной) слой грунта. Через 1 сутки фиксировали степень закапывания моллюсков (в %), которую принимали за показатель активности. Смену воды и специальное кормление подопытных животных в течение всего периода эксперимента не проводили.

Полученные данные аппроксимировали с помощью сигмоидальной кривой дозы-отклика:

$$Y = a + \frac{(b-a)}{1+10^{(c-x)k}}, \text{ где}$$

$a$  – минимальное значение функции отклика (в обоих случаях 0),

$b$  – максимальное значение функции отклика (100% активность особей),

$c$  – логарифм солености, соответствующей 50 %-ному отклику ( $\text{Log EC}_{50}$ ),

$k$  – коэффициент наклона,

$Y$  – активность моллюсков (степень их закапывания (в %)),

$x$  - логарифм солености.

В качестве показателя, характеризующего отношение организмов к солености, был выбран 50-процентный отклик (50% степень закапывания моллюсков). Соленость, соответствующую 50% активности ( $\text{EC}_{50}$ ), считали границей толерантности (Филиппов, Комендантов, Халаман, 2002).

В обоих экспериментах достоверных различий между  $\text{EC}_{50}$  не обнаружено.  $\text{EC}_{50}$  при температуре 14°C составила 13,3‰ (с доверительным интервалом от 13,17 до 13,38). Во втором эксперименте (при температуре 7°C) значение  $\text{EC}_{50}$  было 11,4‰ (доверительный интервал от 7,8 до 16,7).

Таким образом, полученные характеристики нижней границы соленостной устойчивости неакклиматизированных *A. islandica* (11-13 ‰) оказались значительно ниже аналогичных показателей, приводимых в справочной литературе – около 20‰ (Старобогатов, Наумов, 1987), что объясняет распространение представителей данного вида на всем диапазоне глубин участка (5-15 м). Однако по-прежнему не ясны причины неравномерности распределения этих моллюсков в пределах участка, сопряженной с размером (возрастом) особей. В ходе двухфакторного

дисперсионного анализа было определено, что, кроме солености, размеры животных также являются статистически значимым фактором для активности моллюсков, определяя около 5% вариации признака (соленость – почти 50% вариации признака). Интересно, что при солености 6,4‰ и более 18‰ активность животных практически не зависела от размеров моллюсков (практически никто не закопался при солености около 6‰, и почти 100% степень закапывания при солености более 18‰), а при солености 12,4‰ не обнаружено достоверных различий в активности моллюсков длиной менее 30 мм, и значимо ниже была активность *A. islandica* размером более 30 мм. Возможно, с этим связана наблюдающаяся из года в год концентрация крупных моллюсков в изучаемом районе на глубинах более 10 м, где соленость воды не опускается ниже 20‰, молодые же особи в своем распределении, по-видимому, соленостью воды менее лимитированы. По какой причине последние в основном сконцентрированы в мелководной зоне участка, на данном этапе работы ответить достаточно сложно, и, по-видимому, это станет одним из направлений наших будущих изысканий.

**Ершов П.Н.<sup>1</sup>** Многолетние исследования питания керчака (*Myoxocephalus scorpius* Linnaeus) в губе Чупа Кандалакшского залива Белого моря

<sup>1</sup> Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

Керчак *Myoxocephalus scorpius* является типичным представителем ихтиофауны в прибрежной зоне Белого моря. Сведения по питанию керчака из различных участков моря немногочисленны и отрывочны. В настоящей работе приводятся данные о многолетних изменениях в спектре питания керчака в губе Чупа.

Материал по питанию керчака собирали в июне - сентябре 1998 - 2008 гг. в губе Чупа. Обработку проб проводили согласно общепринятой методике (Методическое пособие, 1974). Всего проанализировано содержимое желудков у 101 экз. керчака.

Длина исследованных рыб колебалась от 15,1 до 30,8 см, а основу уловов в разные годы составили особи длиной 20 - 30 см и массой тела 150 - 250 г. Керчак в губе Чупа имеет довольно разнообразный спектр питания. Всего в желудках этого вида обнаружены представители 4-х групп пищевых организмов – ракообразные, полихеты, моллюски и рыбы. Из ракообразных керчак потреблял краба *Hyas araneus*, креветку *Sclerocrangon ferox* и других представителей отряда Decapoda, а также мизид и амфипод. Среди полихет в составе питания отмечена только

*Alitta virens*. Моллюски в спектре питания были представлены наиболее широко: в желудках обнаружено 8 видов брюхоногих и двустворчатых моллюсков. Неотъемлемой частью пищевого рациона керчака являлись также рыбы и их молодь, обитающие в прибрежной мелководной зоне в летний период (треска, маслюк, керчак, трехиглая колюшка). В разные годы значение отдельных пищевых организмов в рационе керчака существенно отличалось. В июне - июле 1998 г. (n=22 экз.) в пище керчака доминировали крабы (частота встречаемости 72,7%), в гораздо меньшей степени встречались рыбы – треска, маслюк и керчак (22,7%). Другие ракообразные и полихеты в желудках рыб отмечены единично. В 2001 г. наблюдался сходный характер питания керчака, однако среди рыбного компонента в пище керчака впервые была обнаружена трехиглая колюшка. В последующие годы колюшка встречалась в желудках рыб постоянно, и ее доля в рационе керчака возрастала. Так, в июне - июле 2005 г. (n=24 экз.) частота встречаемости половозрелой колюшки в желудках керчака составила уже 41,7%. Одновременно с этим, значение крабов в питании керчака снизилось до 40%. Полихеты, моллюски и прочие виды рыб имели второстепенное значение и занимали в общем спектре около 10% по частоте встречаемости для каждой группы в отдельности. В сборах 2007 - 2008 гг. (n=44 экз.) в июле в питании керчака преобладали рыбы, причем доля колюшки стала еще больше (68,2% по частоте встречаемости и 58,7% по массе в пищевом комке). Десять лет назад примерно такую же роль в питании керчака играл краб *Hyas araneus* (72,7% по частоте встречаемости). В современных условиях кормовое значение краба снизилось (11,4% по частоте встречаемости, 18,9% по массе) и он перестал быть преобладающим объектом в рационе керчака в период основного нагула. Вместе с тем, он сохранил второстепенное значение в пище керчака, в то время как остальные группы кормовых организмов - полихеты и моллюски - практически исчезли из состава его питания.

Таким образом, в течение периода наблюдений у керчака произошла смена доминирующих объектов питания. В настоящее время основной пищей керчака в июне - июле стала трехиглая колюшка, численность которой в последние годы значительно увеличилась.

*Иванова Т.С., Лайус Д.Л., Шатских Е.В., Попов В.А.*

Пространственное распределение молоди и взрослых особей трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* L. в районе Керетского архипелага (Кандалакшский залив, Белое море) в 2008 г.

Изменения численности трехиглой колюшки в Белом море происходит синхронно с изменением обилия морской травы *Zostera marina* L., причем в последние годы наблюдается подъем численности обоих видов. Многие исследователи считают, что эта связь имеет причинно-следственную природу, поскольку колюшка тесно связана с морской травой в период нереста. В зарослях морской травы колюшка строит гнезда и ее молодь находит здесь достаточное количества корма. В настоящей работе мы подошли к исследованию этого вопроса путем сопоставления распределения взрослых особей и молоди колюшки в пределах акватории Керетского архипелага, где в период нереста колюшку можно обнаружить не только в зарослях морской травы, но и в зарослях бурых водорослей-фукоидов.

Отлов рыб проводили в течение летнего периода 2008 г. в районе Керетского архипелага (Белое море, Кандалакшский залив, губа Чупа) равнокрылым неводом: длиной 7,5 м, с ячеей 5 и 3 мм, мотней из газа с ячеей 1 мм, и площадью тони около 150 м<sup>2</sup>. Таким образом, мы учитывали численность рыб в прибрежной зоне шириной 30 м. Значения численности приведены как количество экземпляров на квадратный метр этой полосы без учета возможной неоднородности распределения рыб. Коэффициент уловистости невода принимали равным 0,7. Ошибка учета численности, полученная путем сравнения результатов повторного пробоотбора при одинаковых условиях, составляла около 10%. Распределение производителей колюшки исследовано в июне–июле на 22 станциях, а молоди – в августе на 7 из этих 22 станций.

Общая динамика численности взрослой колюшки в период нереста имеет следующую картину. Массовое появление рыб у берегов отмечалось с конца мая, и в течение всего июня в прибрежье происходило увеличение численности рыб обоих полов. Сам нерест проходил примерно с середины июня до середины июля. После окончания нереста численность рыб снижалась за счет ухода самок из прибрежной зоны в открытые участки акватории. Самцы, охраняющие гнезда, покидали прибрежье во второй половине июля. В начале августа взрослые рыбы единично отмечены лишь на некоторых станциях.

Наибольшую численность (18 и 30 экз./м<sup>2</sup>) производителей колюшки с гонадами V стадии зрелости наблюдали в двух закрытых губах (Сельдяная и Яковлева) с мощными и обширными зарослями морской травы.

На большинстве остальных станциях численность колюшек была меньше (3 до 13 экз./м<sup>2</sup>, в среднем – 7,0±0,8 экз./м<sup>2</sup>). Не выявлено какой-либо связи обилия рыб с типом биотопа (заросли морской травы или фукусов) или с расположением станций в эстуарных или морских участках акватории. Интересно отметить, что минимальная численность колюшек отмечена в прибрежье двух небольших островов - Медянка и Кругляш, (0,5 и 1,5 экз./м<sup>2</sup> соответственно), причем эти величины существенно ниже, чем на близлежащих станциях в прибрежье материка или крупных островов (8–13 экз./м<sup>2</sup>) с точно таким же характером растительности.

Массовое появление личинок наблюдали в конце июля – начале августа. Их распределение имело гораздо более выраженную пространственную гетерогенность, чем у взрослых. В зарослях фукоидов мальки отсутствовали полностью или были единичны. В зарослях морской травы численность мальков варьировала от 40 до 2000 экз./м<sup>2</sup> в период 5–6 августа и снизилась до 0,2–115 экз./м<sup>2</sup> в период 16–20 августа. При этом максимальная численность мальков была отмечена в наиболее обширных зарослях морской травы (губа Сельдяная), в то время как в более редких зарослях (бухта Юшковка) численность мальков была наименьшей. Следует отметить, что и при визуальных наблюдениях молоди в исследованной акватории с лодки была видна явная приуроченность колюшек к зарослям морской травы, даже в том случае, если эти заросли были очень небольшими по площади – куртинки.

Таким образом, настоящее исследование показало, что пространственное распределение производителей колюшки и мальков существенно различается. Взрослые рыбы были распределены гораздо более равномерно, чем молодь, которая показывала явную приуроченность к зарослям морской травы, причем чем заросли более плотные, тем численность молоди рыб выше. В зарослях фукоидов молодь практически отсутствует, несмотря на то, что численность производителей на этих станциях в период нереста была сходной с наблюдаемой в зарослях морской травы. Полученные результаты могут иметь разные непротиворечивые объяснения: 1) колюшка нерестится не на всех участках, а предпочитает заросли морской травы, а ее равномерное присутствие на всех станциях связано с локальными миграциями; 2) смертность молоди, связанная с хищниками и/или с условиями питания в зарослях морской травы ниже, чем в других биотопах; 3) молодь колюшки активно мигрирует в заросли морской травы из других биотопов. Результаты данного исследования хорошо согласуются с представлениями о том, что морская трава играет существенную роль в жизненном цикле трехиглой колюшки.

**Кругликов О.Е., Иванов М.В.** Результаты долговременного воздействия мидиевых хозяйств на бентосные сообщества кутовой части Соностровской Салмы (Кандалакшский залив, Белое море)

Изучение воздействия мидиевых хозяйств на прилегающие экосистемы, в том числе и на бентосные сообщества, является одной из основ экологически безопасного промышленного культивирования мидий. Результаты долговременного мониторинга сообществ морского бентоса позволяют судить об интенсивности процессов осадконакопления под участками мидиевого хозяйства, ведущих к изменению качественного и количественного состава сообществ макрозообентоса.

Материалом для исследования послужили дночерпательные пробы, взятые в 2006 - 2007 гг. в Соностровской салме (Кандалакшский залив Белого моря) на шести станциях, расположенных на глубине 12–14 м. Три из этих станций (№ 2, 3, 4) были расположены под участком мидиевого хозяйства, а остальные (№ 1, 5, 6) использованы в качестве фоновых. Для сравнения использовались данные А. Н. Голикова с соавторами 1985 года (Голиков и др., 1988). Один из выполненных в их работе гидробиологических разрезов полного профиля проходил примерно в том месте, где позже был поставлен исследуемый нами участок мидиевого хозяйства.

В работе А. Н. Голикова с соавторами была показана следующая картина распределения бентосных сообществ в исследуемой нами части акватории (табл. 1): на глубинах от 10 до 13 м сплошной полосой простирался вдоль материка биоценоз моллюсков *Mya truncata* (№ 1). Глубины 13–14 м на жидком илу занимал биоценоз *Macoma calcarea* + *Pectinaria hyperborea* (№ 2), в восточной части пролива уступавший место биоценозу *Ciliatocardium ciliatum* + *Pectinaria hyperborea* (№ 3) (Голиков и др., 1988).

При наложении на схему распределения фоновых бентосных сообществ нашей донной трансекты, выясняется, что все взятые на ней станции, кроме станции №1, расположенной на глубине 12 м, попадают в биоценоз *Macoma calcarea* + *Pectinaria hyperborea*, а станция №1 – в биоценоз *Mya truncata*, что объясняет её отличие от остальных фоновых станций. В таблице 2 представлены основные количественные характеристики сообществ макрозообентоса в 2006 - 2007 гг.

Таблица 1. Основные количественные характеристики типичных биоценозов до начала культивирования мидий в кутовой части Соностровской Салмы (Голиков и др., 1988)

Номер биоценоза	Число видов	Численность, экз/м <sup>2</sup>	Биомасса, г/м <sup>2</sup>
1	30	550±225	50±30
2	25	320±170	25±17
3	21	1610±360	49±23

Таблица 2. Основные количественные характеристики бентосных сообществ в кутовой части Соностровской Салмы в 2006 - 2007 гг.

Год	Номер станции	Число видов	Численность, экз./м <sup>2</sup>	Биомасса, г/м <sup>2</sup>
2006	1	27 ± 1	2546 ± 157	7,5 ± 1,7
	2	13 ± 1	1253 ± 148	17,1 ± 5,3
	3	20 ± 2	2026 ± 358	13,0 ± 1,4
	4	21 ± 3	2600 ± 227	29,2 ± 9,6
	5	14 ± 1	1480 ± 100	8,4 ± 1,5
	6	14 ± 1	973 ± 253	12,0 ± 6,1
2007	1	28 ± 1	7520 ± 160	13,6 ± 2,3
	2	5	973 ± 153	13,8 ± 2,3
	3	11 ± 1	560 ± 220	18,6 ± 15,0
	4	26 ± 2	4320 ± 538	35,8 ± 13,6
	5	12 ± 1	506 ± 186	2,3 ± 0,7
	6	17	693 ± 170	7,0 ± 1,3

Оценка современного состояния бентосных сообществ свидетельствует о смене доминирующего таксона макрозообентоса во время культивирования мидий. Если в натуральных биоценозах основными доминантами по биомассе являлись *Vivalvia*, то в 2006–2007 гг. во всей акватории безраздельно господствовали *Polychaeta*, а моллюски практически не обнаруживались. По сравнению с фоновыми сообществами, снизилось общее видовое разнообразие и биомасса макрозообентоса по всей акватории, исключая одну краевую станцию, что, вероятно, объясняется сочетанием положительных эффектов воздействия мидиевого хозяйства и благоприятными гидродинамическими условиями.

Среди прочих изменений можно отметить исчезновение представителей некоторых таксонов, таких как класс *Gastropoda* и подтип *Tunicata*, ранее отмечавшихся в фоновых биоценозах, хоть и не дававших большой вклад в биомассу макрозообентоса. В классе *Polychaeta* увеличилось общее число встреченных видов, а также биомассы отдельных видов, особенно относящихся по трофическим предпочтениям к безвыборочным детритофагам (*Scalibregma inflatum*, *Capitella capitata*, *Maldanidae* gen. sp) и хищникам и трупоедам (*Micronephtys minuta*, *Phyllodoce* sp., *Syllis oerstedii*). Увеличение биомассы безвыборочных детритофагов, несомненно, связано с поступлением большого количества органических веществ от участка мидиевого хозяйства, а увеличение биомассы хищников и трупоедов обусловлено увеличением биомассы их жертв.

Таким образом, долговременное культивирование мидий в кутовой части Соностровской салмы привело к коренному изменению структуры бентосных сообществ. Главным образом это выразилось в исчезновении практически всех двустворчатых моллюсков, ранее являвшихся доминантами во всех донных биоценозах и общем сокращении видового разнообразия практически по всей акватории.

**Кузнецова Е.А., Кутчева И.П., Примаков И.М., Чернова Е.Н.**  
Особенности развития холодноводных калянид Кандалакшского залива Белого моря

Наиболее массовыми видами холодноводных калянид Белого моря являются *Calanus glacialis* и *Pseudocalanus minutus*. За счет своеобразия гидрологического режима Белого моря, которое проявляется в разделении толщи воды в летнее время на верхнюю, с бореальным режимом, и нижнюю, с арктическим, они имеют особенный тип развития.

На основе десятилетнего материала (летние сборы 1978–1983 гг. на акватории Кандалакшского залива и 1989–1992 гг. в губе Чупа) были построены карты вертикального и горизонтального распределения *C. glacialis* и *P. minutus* по жизненным стадиям. Для построения карт изолиний использовалась программа Surfer 8.01, Golden Software Inc. Помимо этого, по ранее разработанным методикам (Примаков, 2002; Зубаха, Усов, 2004) для отдельных стадий рассматриваемых видов были рассчитаны оптимальные температуры и солености.

Зоопланктон собирался замыкающей сетью Джели с газом № 38 (размер ячеек 0,168 мм). Для описания возрастной структуры зоопланктона, расчет численности велся с учетом поправочных

коэффициентов, необходимых для устранения недолова науплиальных и младших копеподитных стадий при использовании сети с газом № 38 (Кутчева, Примаков, 2001; Кутчева, 2005). Коэффициенты рассчитывались по данным параллельных ловов сетями № 38 и № 63, выполнявшихся с 1998 по 2004 гг. на станции Д-1 в устьевой части губы Чупа.

Бореально–арктический *P. minutus* (для взрослых стадий  $t_{omm}=4,4\pm 3,5^{\circ}\text{C}$ ,  $S_{omm}=25,4\pm 2,2\text{‰}$ ) характеризуется неполным бициклическим развитием. Небольшая часть популяции этого вида, начавшая развитие до конца зимы, успевает к августу закончить развитие и дает начало новому поколению. Последнее придерживается верхних слоев и продолжает развитие до конца вегетативного периода. Таким образом, за год одно поколение развивается полностью, а другое лишь частично. Вертикальное распределение *P. minutus* в основном определяется степенью устойчивости слоев воды (Прыгункова, 1978).

Значительный летний прогрев верхних слоев воды Кандалакшского залива вынуждает холодноводные формы мигрировать в глубины, бедные кормом. Поэтому в этом районе моря развитие ряда холодноводных видов затормаживается уже с середины лета и период активного развития оказывается очень коротким. Так, арктический *C. glacialis* (для взрослых стадий  $t_{omm}=0,2\pm 1,8^{\circ}\text{C}$ ,  $S_{omm}=28,0\pm 1,6\text{‰}$ ) в Кандалакшском заливе развивается в течение двух лет, используя для питания весеннюю вспышку фитопланктона. Интенсивное развитие происходит преимущественно в мае - начале июня, после чего старшие копеподиты исчезают из верхних слоев и прекращают развитие до следующей весны (Кособокова, Перцова, 1990). В конце июня, молодая генерация и генерация, образовавшаяся в предыдущем году, оказываются разобщены не только по вертикали, но и по горизонтали. Это происходит за счет использования ими различных противотечений, обеспечивающих горизонтальный перенос особей (Перцова, Кособокова, 2008; Примаков, 2008).

Таким образом, распределение различных стадий холодноводных видов в Белом море определяется не только термическими условиями, но и гидродинамическими факторами. Причем, если для *C. glacialis* первостепенное значение имеет горизонтальный перенос поверхностными и глубинными течениями, то для *P. minutus* ключевую роль играет устойчивость слоев воды, определяющая интенсивность перемешивания и, соответственно, степень взаимного проникновения водных масс.

**Назарова С.А., Генельт-Яновский Е.А.** Структура поселений *Macoma balthica* L. в осушной зоне Кольского залива и Восточного Мурмана

*Macoma balthica* – вид, достаточно хорошо исследованный в различных частях ареала. Однако данные по Баренцеву морю остаются отрывочными. Данная работа — часть комплексного исследования сообществ мягких грунтов, задуманного как продолжение серии гидробиологических работ 1970-х гг., и выполняемого баренцевоморской экспедицией СПбГУ. Ее целью стало описание структуры поселений и линейного роста *Macoma balthica* на литорали Кольского залива и Восточного Мурмана.

Материал для данной работы был собран на 2 участках Кольского залива и 5 участках Восточного Мурмана – Абрам-мыс (август 2008 г.) и Пала-губа (июль 2007 г.); Ярнышная, Дальне-Зеленецкая (август 2007 - 2008 гг.), Гаврилово, Шельпино (август 2008 г.), Порчниха (август 2007 г.). На каждом участке отбирали от 10 до 36 проб площадью 1/20-1/30 м<sup>2</sup>. Грунт промывали на сите с диаметром ячеек 1 мм, из проб выбирали всех особей *M. balthica*. В лаборатории у всех особей измеряли максимальный линейный размер (длину) и кольца зимней остановки роста с точностью до 0,1 мм. В дальнейшем число колец остановки роста считали возрастом моллюска.

Статистическую обработку материала проводили по стандартным формулам в программах MS Excel 2003, PaSt 1.74 и GraphPad Prism 4.0. Для всех средних были рассчитаны стандартные ошибки и точность учета:  $d=m/M$ , где  $M$  – среднее арифметическое,  $m$  – ошибка среднего. Описание кривых роста было проведено с использованием аппроксимации по уравнению линейного роста Берталанфи. При сравнении темпов линейного роста моллюсков была использована авторская методика Н.В. Максимовича (Максимович, 1989). Если это не оговорено особо, все результаты приводились для 5% уровня значимости нулевой гипотезы ( $\alpha < 0.05$ ).

На всех изученных участках нами отмечены низкие численности маком — менее 100 экз./м<sup>2</sup> (табл.). Единственным исключением стало относительно высокое значение плотности поселения вида, отмеченное в 2008 году в губе Ярнышная – около 400 экз./м<sup>2</sup>. На участках в Кольском заливе численность *M. balthica* составляла около 1000 экз./м<sup>2</sup>, что сравнимо с плотными поселениями, характерными для литорали Белого моря (Семенова, 1974; Максимович и др., 1991; Назарова, Полоскин, 2005).

Таблица. Плотность поселения *Macoma balthica* на литорали Кольского залива и Восточного Мурмана (в скобках указана точность учета).

Участок	Восточный Мурман						Кольский залив		
	Гаврилово	Ярнышная		Дальнезеленецкая		Шельпино	Порчниха	Абрам-мыс	Пала-губа
Год	2008	2007	2008	2007	2008	2008	2007	2008	2007
N, экз./м <sup>2</sup>	80 (27%)	70 (14%)	390 (20%)	50 (13%)	65 (9%)	45 (23%)	90 (12%)	1170 (20%)	935 (8%)

Возрастная структура всех участков характеризовалась наличием особей многих возрастов, однако характер распределения варьировал как в зависимости от места, так и от года наблюдений. Так, поселение в губе Порчниха в 2007 г. характеризуется мономодальным распределением с преобладанием особей возраста 3+. Бимодальность возрастной структуры была отмечена в 2007 г. в поселениях, расположенных в губах Дальне-Зеленецкая (модальные классы 3+ и 6+) и Пала (3+ и 8+), а также в 2008 г. в губе Ярнышная (3+ и 12+) и на Абрам-мысе (1+ и 10+). Остальные выборки демонстрировали равномерное распределение маком по возрасту.

В результате сравнения скорости роста моллюсков нами было выделено две группы участков. К группе с поселениями «быстро растущих» моллюсков относятся участки в губах Дальне-Зеленецкая, Ярнышная и Порчниха. Особи из поселения на Абрам-мысе отличаются наиболее низкой скоростью роста, однако при статистической проверке попали в группу с участками в губах Гаврилово, Шельпино и Пала.

Численность является одним из ключевых параметров, отражающих состояние конкретной популяции в пределах ареала вида (Sagarin, Gaines & Gaylord, 2006). На основании этого возможно предположение о том, что макома на Восточном Мурмане находится в более угнетенном состоянии по сравнению с Кольским заливом, что выражается в более низких значениях плотности поселения. С другой стороны, именно наиболее плотное поселение на Абрам-мысе показывает наиболее низкую скорость линейного роста, а данная характеристика рассматривается как комплексный показатель оптимальности условий локального местообитания. Такое противоречие может объясняться связью обоих показателей с условиями питания. При высоких численностях маком показана внутривидовая конкуренция за пищевые ресурсы (Olafsson 1989), которые, в свою очередь, влияют на темп роста (Nichols, Thompson, 1977). Анализируя возрастную структуру можно также отметить, что все изученные нами поселения *M. balthica* Мурманского побережья Баренцева моря можно охарактеризовать как стабильные во времени.

В заключение мы хотим поблагодарить администрацию Кандалакшского государственного заповедника, всех участников Баренцевоморских экспедиция 2007/2008 гг., а также наших научных руководителей Н. В. Максимовича и А. И. Грановича за внимание к работе.

*Смагина Д.С., Иванов М.В.* Восстановление морских бентосных сообществ Белого моря после воздействия марикультуры

Темпы развития марикультуры в современном мире возрастают, возрастает и ее воздействие на окружающие экосистемы. На бентосные системы это воздействие, в основном, выражается в поступлении легкоассимилируемых органических веществ и может приводить либо к слабому (через изменение трофических условий), либо к сильному (заморные явления) изменению бентосных систем. При наличии негативных эффектов часто практикуют перенос хозяйств марикультуры, чтобы дать бентосным сообществам возможность восстановиться. Знания о механизмах и сроках восстановления бентосных сообществ после снятия нагрузки от аквакультуры необходимы как с научной, так и с практической точки зрения.

В Белом море установка промышленных мидиевых хозяйств происходила в основном в 1988–1989 гг., к 1999 г. культивирование моллюсков практически на всех акваториях было прекращено. За это время нами был накоплен большой материал по состоянию бентосных сообществ под действующими мидиевыми хозяйствами. На данный момент, спустя десять лет, существует возможность провести исследования по той же схеме и оценить наличие, скорость и направление естественного восстановления бентосных сообществ после снятия нагрузки.

Материал, характеризующий бентосные сообщества, собран в летние сезоны 1900-2000 гг. и в 2008 г. Отбор проб осуществляли в 3 акваториях Кандалакшского залива Белого моря, где располагались хозяйства по выращиванию мидий: губа Никольская, губа Осечкова, пролив Оборина Салма, на 14 станциях. На каждой станции производили отбор проб макрозообентоса с помощью дночерпателя Петерсона 1/40 в трехкратной повторности. Дночерпательные пробы промывали через сито с ячейей 0,5 мм, после чего фиксировали 4% формалином. 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; индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера.

При анализе и сравнении общих показателей численности и биомассы в пробах можно отметить более сильное варьирование состояния сообществ в 1990–2000 гг., когда функционировали участки мидиевого хозяйства (число видов на станции колеблется от 2 до 39, индекс Шеннона-Уивера от 0,1 до 3,8, биомасса от 5 до 970 г/м<sup>2</sup>), по сравнению с 2008 г. примерно через 10 лет после снятия нагрузки (число видов на станции колеблется от 14 до 24, индекс Шеннона-Уивера от 2,2 до 4,3, биомасса от 29 до 626 г/м<sup>2</sup>). В 2008 году не отмечено станций с неблагоприятным состоянием бентосных сообществ.

Можно отметить две основные тенденции развития сообществ после снятия марикультуры. Первая характерна для донных систем, подвергшихся относительно слабому влиянию марикультуры, таких как на станциях в губе Осечкова (OsC, OsB, OsA), в губе Никольская (L,S,M, Q,Y), в проливе Оборина Салма (ObD, ObC, ObB). По-видимому, во время функционирования марикультуры, эти системы претерпели изменения, связанные со слабой органической нагрузкой что выражалось в высоких показателях биомассы (средняя 195±37 г/м<sup>2</sup>) (причем эту биомассу создавали большое количество видов и таксонов без выраженного доминирования) и большого числа представленных видов (33 ± 1). В 2008 году средняя биомасса на исследованных станциях осталась практически без изменений (189 ± 51 г/м<sup>2</sup>), но основу биомассы составляют либо двустворчатые моллюски, либо асцидии, доля полихет осталась неизменной и практически полностью исчезли такие хищные животные как немертины. В целом видовое разнообразие уменьшилось до 20 ± 1 видов на станцию.

Вторая тенденция характерна для систем, испытавших сильную нагрузку, возможно заморные явления, в нашем случае - станция D в губе Никольская. На момент снятия пресса сообщество обладало очень низким видовым разнообразием – 1–2 вида (основа – оппортунистические полихеты *Capitella capitata*) с относительно высокими показателями численности и биомассы. После снятия нагрузки показатели биомассы и численности начинают постепенно снижаться, а число видов – напротив, резко увеличивается и уже к 1994 г., т. е. через 2 года после ликвидации участка марикультуры, выходит на плато в 19,0±2,8 вида. На этапе реабилитации сообщества после снятия нагрузки уже через 2 года вид-оппортунист *C. capitata* полностью исчез из сообщества, доминировали

разнообразные полихеты – собирающие детритофаги. В дальнейшем на этой станции постоянно доминировали представители трофической группировки собирающих детритофагов, но через 6 лет после снятия стресса мы наблюдали увеличение численности плотоядных животных (немертин и полихет) практически на порядок: с 0,4 г/ м<sup>2</sup> в 1997 г. до 3,3 г/м<sup>2</sup> в 1998 г., связанное, по нашему мнению, с развитием кормовой базы в виде многочисленных некрупных полихет – собирающих детритофагов. По-видимому, такая вспышка численности хищных животных, элиминирующих полихет – детритофагов, во многом способствовала тому, что, начиная с 1999 г., доминирование в сообществе сместилось в сторону моллюсков – собирающих детритофагов. К 2008 г. донное население на этой станции представляет собой сообщество моллюсков с явным доминированием моллюска – собирающего детритофага *Portlandia arctica* (49% биомассы) и субдоминированием моллюска – сестонофага *Hiatella arctica* (34% биомассы). По неопубликованным данным А. В. Герасимовой, до установки хозяйства над точкой D там было крупное поселение *Portlandia arctica* с численностью до 2000 экз/м<sup>2</sup>. Исходя из наших данных, это поселение исчезло под воздействием марикультуры. Таким образом, через 15 лет после снятия нагрузки бентосное сообщество на станции D восстановилось до своего нативного состояния – биоценоза *P. arctica*.

Таким образом, анализируя наши материалы 1990–2000 и 2008 гг., можно сказать, что для беломорских сублиторальных бентосных сообществ временной интервал более 10 лет после снятия нагрузки от мидиевой марикультуры достаточен для восстановления естественной структуры, даже после полной деградации сообщества в результате замора.

**Старков А.И., Полякова Н.В.** Вертикальная неоднородность температуры и солености в литоральных наскальных ваннах

Исследования литоральных ванн островов Керетского архипелага Белого моря проводят на базе МБС СПбГУ с 2004 г. Основное внимание уделяли составу биоты, абиотическая составляющая фиксировалась только в поверхностном слое. При этом отмечены сильные колебания температуры и, особенно, солености в пределах одной ванны. Соответственно, возникли вопросы о возможной вертикальной неоднородности распределения этих показателей и их динамике в течение суток и сезона.

Для исследования суточных изменений температуры и солёности 15 - 16 июля 2008 г. на восьми ваннах луды Медянка с интервалом два часа в течение суток проводили измерения этих показателей от дна до поверхности с шагом в 5–10 см. Пробоотбору сопутствовала спокойная погода с кратковременными морозящими дождями, температура воздуха в течение суток колебалась от 15 до 25°С. Также, проведены ещё две разовые съёмки 6 и 20 августа, когда влияние погодных условий было более интенсивным.

В результате показано наличие солёностной стратификации для всех исследованных водоёмов. Причём изменения солёности характерны и для водоёмов с глубиной всего 10–15 см. Диапазон изменения солёности от поверхности до дна в одном из таких водоёмах достигает 5‰ (от 13,2 до 18‰ соответственно). Исключением служат пресноводные ванны выше по профилю и те, которые длительное время сообщаются с морем во время прилива. В некоторых же случаях разница между солёностью на поверхности и у дна может составлять более 30‰ (от 2,9 до 33‰ соответственно для водоёма глубиной 80 см). При этом изменение идёт не плавно, а скачкообразно, причем можно выделить достаточно однородные по физико-химическим характеристикам слои воды.

Особенно чётко данную картину можно проследить в ваннах глубиной более 40–50 см. Обычно присутствует протяжённый поверхностный слой со сравнительно низкой солёностью и один либо два более солёных глубоководных слоя. Схожие результаты получены в августе 2008 г. на других островах Керетского архипелага, где скачок солёности составлял более 10 ‰ в водоёмах с глубиной 20 см. Во время съёмки 6 августа солёностная стратификация показана лишь для двух самых глубоких ванн, но по сравнению с июнем выражена слабее: разница между солёностью придонного и поверхностного слоёв становится меньше на 15–20‰. Скачок происходит на глубинах около 50 см. Пробоотбору в данном случае предшествовала дождливая и ветреная погода, что не могло не повлиять на распределение слоёв воды. Съёмка, проведённая 20 августа сразу после штормовой погоды с максимальными за период исследования приливами, показала, что вода во всех ваннах подверглась полному перемешиванию и значительному осолонению даже в высоко расположенных над уровнем моря водоёмах. Таким образом, время существования подобного расслоения, по нашим данным, может достигать как минимум одного месяца.

Суточные колебания отмечены только для температуры, которая в поверхностном слое с некоторым отставанием изменяется вслед за температурой воздуха. Эти изменения затрагивают все горизонты ванн, кроме придонных участков самых глубоких из них. Чёткого тренда в изменении солёности в течение суток нет, небольшие имеющиеся

колебания (обычно не превышающие 1‰) можно объяснить нечёткостью определения глубин, на которых измеряли параметры.

Важную роль в формировании температуры играет характер рельефа и положение водоёма на острове. Так, одна из ванн на западе острова достаточно сильно прогревается, с другой стороны – прикрыта от действия ветров и поэтому слабо отдаёт накопленное тепло. Температура здесь поднималась по мере увеличения глубины от 19°C у поверхности до 21,6°C у дна. Таким образом, имеет значение защита водоёма от выхолаживающего воздействия ветра и наличие источников затенения. При этом большим температурным колебаниям подвергается не только поверхностный (до 20–30 см), но и придонный (в случае неглубоких водоёмов) слой.

Таким образом, при наличии благоприятной погоды для отсутствия перемешивания (без значительных дождей, сильного ветра, заплесков и высоких температур воздуха) в ваннах возникают условия для разделения водной толщи на два, а в некоторых случаях три слоя по совокупности температуры и солёности.

***Филиппова Н.А., Максимович Н.В.*** О смещениях в результатах классификации сообществ литорального макробентоса, возникающих при изменении режима пробоотбора

При классификации описаний сообществ макробентоса весьма существенны два обстоятельства: субъективный фактор (фактор исследователя) уже на уровне сбора и первичной обработки данных и полнота описания видовой структуры сообществ. Однако до сих пор неясно, какое количество материала необходимо собрать для достаточно надежного описания структуры сообщества макробентоса. 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. Цель настоящей работы - изучение вариации результатов классификации сообществ макробентоса по составу организмов при изменении объема выборок.

В основу работы легли летние наблюдения за структурой сообществ макробентоса Белого моря (бухта Ключиха - участок 1, бухта Лебяжья - участок 2, пролив Сухая Салма - участок 3), проведенные в 1983 - 2003 гг. отдельно в среднем и нижнем горизонтах литорали и в верхней

сублиторали (до глубины 0,5м). Состав сообществ на каждой из девяти станций описан по пяти дночерпательным пробам.

Сравнительный анализ описаний сообществ в разные годы 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 видового состава сообщества макробентоса на станциях в разные годы наблюдений проводилось отдельно для каждого участка. Единичное описание сообщества макробентоса в каждом случае – это список видов на станции в данный момент наблюдения. Такие описания были составлены при объединении пяти проб, по каждой пробе и при последовательном объединении двух, трех, четырех и пяти проб, с учетом всех сочетаний. Таким образом, для каждого участка в общей сложности проведено 30 сравнений. Используя результат классификации полных описаний (по пяти 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 инфуны: двустворчатые моллюски *Macoma balthica* L., *Mya arenaria* L. и многощетинковые черви *Arenicola marina* L. Общее число найденных форм животных и растений достигает 34. При этом из организмов, отмеченных на каждом из участков (1-й участок – 26 видов; 2-й – 14; 3-й – 23), не более трех видов обнаружены при каждом наблюдении. Остальные демонстрируют крайне неравномерную встречаемость в пробах отдельных выборок и в выборках разных станций и дат наблюдений.

При анализе сходства станций по видовому составу макробентоса по данным всех лет наблюдений (при учёте всех пяти проб при каждом пробоотборе) на участках можно выделить две–три группы описаний. Прослеживается формирование кластеров по временному принципу. При сравнении видовых описаний, составленных по единичным пробам, ни на одном из участков ни разу не удалось получить дендрограмму, совпадающую с эталонной. При этом видовые списки по отдельным пробам совпадали с описанием-эталонном на разных участках на 2–14%. Далее, при последовательном объединении двух проб эта цифра достигала максимум 34%, трех проб – 55%, а для четырех проб – не превышала 80% (таблица).

Таблица. Средняя степень совпадений (%) на участках описаний видового состава сообществ макробентоса, составленных при последовательном объединении проб с учетом всех вариантов объединения, с описанием-эталонном (по пяти пробам).

Участок	Количество объединённых проб				
	1	2	3	4	5
1	2	14	37	68	100
2	14	34	55	78	100
3	10	28	49	71	100

Это нашло отражение и в результатах кластерного анализа. При увеличении числа проб результаты кластерного анализа все больше напоминали дендрограмму-эталон, однако и четыре повторности при пробоотборе не могут гарантировать надежный результат (полностью идентичные картины распределения станций на дендрограммах). Только на двух участках в одном из пяти сравнений (в среднем в 13% случаев) построенные дендрограммы совпадали с дендрограммой-эталонном. При переборе всех вариаций объединения проб картина существенно не изменилась.

Как заметный итог, можно выделить появление в анализе группировок станций, относящихся к отдельным годам наблюдений. Так, на участке 2 при объединении двух - трех проб в 90% случаев отмечен кластер, включающий средний и нижний горизонты литорали по материалам 1999 г. На участке 1 по материалам 1983 г. при объединении любых трех проб в 100% случаев списки видов из среднего и нижнего горизонтов литорали характеризовали одно сообщество.

Очевидно, что основной причиной смещения результатов кластерного анализа является отсутствие выравнивания видовых списков макробентоса по отдельным выборкам. Это можно рассматривать как прямое следствие выраженной гетерогенности типичных местообитаний осушной зоны Белого моря (Ardisson et al., 1990; Azovsky, 1996; Бурковский и др., 1992; 1997; Герасимова и др., 2004; Герасимова и др., 2006). С другой стороны, есть основания признать возможность вклада индивидуальности сборщика в отмеченные межгодовые различия итогов классификации сообществ макробентоса на одном участке.

Пользуемся случаем и выражаем благодарность всем студентам и сотрудникам кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ, принимавшим участие в сборе и обработке материалов, использованных в данном исследовании.

**Алексеева Н.В.** Пространственная реконструкция основных элементов нервной система *Nymphon rubrum* (Pantopoda)

Морские пауки (Pantopoda) – небольшая группа членистоногих, ископаемые остатки которых датируются началом Юрского периода. Среди большого числа признаков, на основании которых выявляют эволюционные тенденции в пределах данной группы, наиболее важными принято считать общую степень олигомеризации тела и особенности организации нервной системы. План строения нервной системы морских пауков известен, и ряд авторов отмечает общую для класса Pantopoda тенденцию к концентрации брюшной нервной цепочки в единую ганглиозную массу. Цель данной работы – исследовать особенности организации нервной системы *Nymphon rubrum*.

Материал был собран в июле - августе 2008 г. в акватории Керетского архипелага Белого моря (Кандалакшский залив). Анестезированные животные были зафиксированы жидкостью Буэна и обработаны по стандартной гистологической методике. На основе полученных серийных срезов была выполнена пространственная реконструкция основных элементов нервной системы *N. rubrum* – одного из наиболее распространенных беломорских видов морских пауков.

Надглоточный ганглий у представителей данного вида располагается непосредственно под глазным бугорком. От дорсальной части надглоточного ганглия отходят четыре крупных глазных нерва, иннервирующих медианные глазки. Каждый такой нерв имеет утолщение, которое по нашим предположениям является глазным ганглием. Помимо этого от передней части надглоточного ганглия отходят два вентролатеральных нерва и один дорсальный, направленные в хоботок.

Подглоточный ганглий у *N. rubrum* немного смещен назад относительно надглоточного. Его передняя часть находится на уровне середины глазного бугорка, а задняя – на уровне границы между глоткой и средней кишкой. От фронтальной поверхности ганглия отходят две пары нервов к хелифорам и пальпам. Третья пара конечностей (яйценосные ножки) иннервируются парой нервов, отходящих от вентральной поверхности подглоточного ганглия. В заднем направлении отходят две пары крупных, относительно коротких коннектив, соединяющих его с первым ганглием брюшной нервной цепочки.

Брюшная нервная цепочка *Nymphon rubrum* включает четыре крупных ганглия и парные, широко расставленные коннективы. От каждого такого ганглия отходят крупные нервы к ходным ногам. От последнего ганглия,

помимо этого, в заднем направлении отходят два тонких нерва, иннервирующие опистосому.

Интересной особенностью организации нервной системы *N. rubrum* являются размерные характеристики: она значительно превосходит по объему пищеварительную систему, а диаметр ганглиев брюшной нервной цепочки значительно больше диаметра кишки. Надглоточный и подглоточный ганглии крупные, плотно охватывают относительно узкую и тонкую глотку. Коннективы и нервы конечностей имеют значительную толщину и хорошо читаются на светооптическом уровне.

Первый и второй ганглии брюшной нервной цепочки находятся в центральной части соответствующих сегментов, а третий ганглий смещен вперед, к границе 2 и 3 сегмента. Четвертый ганглий располагается непосредственно на границе 3 и 4 сегментов. Комиссуры между первым и вторым ганглиями вдвое длиннее, чем между остальными.

Отмеченные особенности организации нервной системы у представителей *N. rubrum* являются одним из примеров, иллюстрирующих ранние этапы концентрации ганглиев брюшной нервной цепочки у пантопод, которая начинается с ганглиев последних сегментов и распространяется в переднем направлении. С этой точки зрения, нервная система *N. rubrum* находится в относительно архаичном состоянии, однако в её организации уже можно наблюдать черты, соответствующие общей эволюционной тенденции.

**Даугавет М.А., Халаман В.В.<sup>1</sup>** Изменение частоты сердечных сокращений у двустворчатого моллюска *Hiatella arctica* L. как реакция на присутствие в воде экскреторно-секреторных продуктов некоторых гидробионтов

<sup>1</sup> Зоологический институт РАН

Целью данной работы было выявление воздействия на физиологическое состояние двустворчатого моллюска *Hiatella arctica* веществ, выделяемых во внешнюю среду асцидией *Styela rustica* и хищной морской звездой *Asterias rubens*. В качестве оцениваемого параметра была выбрана частота сердечных сокращений (ЧСС). Животных, участвовавших в эксперименте, содержали в аквариумах, разделённых сетчатой перегородкой. По одну сторону перегородки находились подопытные моллюски, а по другую – организмы, воздействие которых исследовалось. Непосредственный контакт между животными был исключен, тогда как экскреторно-секреторные продукты (ЭСР) могли свободно достигать подопытных организмов. Измерение ЧСС проводились у животных четырёх экспериментальных групп, к которым

подсаживали особей своего вида (1), особей *S. rustica* (2), особей *A. rubens* (3) и контрольной группы, содержащейся без подсадки каких-либо животных (4). ЧСС регистрировали с помощью инфракрасного датчика CNY-70. Измерения ЧСС у подопытных моллюсков проводили во всех группах в течение 48 часов до подсадки животных-агентов и далее после подсадки в течение 142 часов. Интервал между регистрациями составлял 1 час в течение первых 48 часов после подсадки животных, 4 часа – в течение последующих 64 часов, и снова 1 час в течение последних 36 часов эксперимента.

С помощью дисперсионного анализа данных было выявлено, что фактор времени влиял на ЧСС *H. arctica* во всех экспериментальных группах, но не в контрольной. Достоверным оказалось также влияние видовой принадлежности животных-агентов и совместное действие этого фактора и фактора времени. Сразу после подсадки животных-агентов у подопытных моллюсков происходило резкое увеличение ЧСС, наблюдавшееся приблизительно в течение 30 часов после начала воздействия. Такое повышение ЧСС отмечено у всех моллюсков, кроме контрольных. Далее до конца эксперимента нами не замечено значительных изменений ЧСС в опытах со *S. rustica* и особями своего вида. Однако в опыте с *A. rubens* к 40 часу после подсадки морских звёзд наблюдается падение ЧСС, после чего низкий уровень сердцебиения сохраняется до конца эксперимента. У контрольных моллюсков за весь период наблюдений каких-либо заметных изменений ЧСС отмечено не было.

Результаты эксперимента позволили выделить два вида динамики ЧСС у *H. arctica*. Первый тип динамики – повышение ЧСС сразу после добавления воздействующих организмов и сохранение высокого уровня частоты сердцебиения до конца эксперимента. Это наблюдалось у *H. arctica*, которые содержались с асцидиями *Styela rustica* и с особями своего вида. Такое повышение физиологической активности может являться ответом на появление поблизости организма-конкурента. Второй вид динамики ЧСС зарегистрирован у особей *H. arctica*, испытывавших воздействие ЭСП морской звезды *A. rubens*. В данном варианте опыта частота сердцебиения повышалась сразу после подсадки *A. rubens*, после чего снова падала и сохранялась на низком уровне до конца эксперимента. В этом случае изменение физиологической активности у подопытных животных могло быть связано с защитной реакцией моллюсков в ответ на присутствие хищника или негативным дистантным воздействием хищника на свою жертву. Несмотря на явные отличия в долговременной реакции *H. arctica* на присутствие ЭСП различных видов животных, в обоих видах динамики наблюдается резкое увеличение ЧСС сразу после подсадки животных-агентов. Это позволяет говорить о первоначальном повышении ЧСС, как о неспецифической реакции на присутствие в воде ЭСП любых

видов, использованных нами в эксперименте. Дальнейшие изменения сердечной деятельности отражают более специализированный ответ *H. arctica* на воздействие ЭСП разных видов.

**Краснодембский Е.Г., Попов В.А., Шульман Б.С., Иванова Т.С.**  
Паразитофауна трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* L. в акваториях устья губы Чупа или Керетского архипелага (Белое море, Кандалакшский залив)

Трехиглая колюшка является типичным представителем ихтиофауны Белого моря и встречается в различных биотопах. Численность этого вида претерпевает значительные долговременные колебания и в настоящее время быстро увеличивается после спада 1970 – 90-х гг. Одним из важных факторов, определяющих численность популяции рыб, являются паразиты, поэтому паразитологические исследования являются важным элементом популяционного мониторинга. При этом паразитофауна колюшки в Белом море ранее практически не изучалась, что делает исследование особенно актуальным.

Исследования паразитофауны колюшки проводили методом полного паразитологического вскрытия в июне – июле 2008 г. (период нереста) на основе анализа четырех выборок (по 15 экз.), собранных в различных районах в окрестностях МБС СПбГУ: губа Сельдяная, эстуарий р. Летняя, эстуарий ручья Никольского и о. Большой Медведок. Размеры рыб варьировали от 48 до 77 мм, что соответствует возрасту 3 – 5 лет. По причинам малочисленных сведений по паразитофауне колюшки мы не смогли определить полный видовой состав кл. Cestoda и кл. Trematoda, которые требуют дополнительной идентификации. В таблице мы приводим как Cestoda Gen.sp. и Trematoda Gen.sp. Характеристика паразитофауны колюшки, вне зависимости от возраста, приведена в таблице.

В результате исследования обнаружен высокий уровень заражения *Trichodina* sp. (в двух выборках из четырех) и *Gyrodactylus* sp. Экстенсивность инвазии достигала 100%. Два рода, *Trichodina* sp. и *Anisakis* sp., показывали пространственную гетерогенность. Наиболее высокая зараженность *Anisakis* sp. отмечена в губе Сельдяная. *Trichodina* sp. отмечена только на двух станциях в губе Никольская (о. Б. Медведок и эстуарий ручья Никольского). Прямой жизненный цикл и непосредственно передача этого паразита от хозяина к хозяину позволяют предположить связь высокой зараженности с высокой плотностью популяций хозяина. В целом, это и наблюдается на нашем материале. При этом, будучи эктопаразитом, *Trichodina* sp. чувствительна к изменениям действия факторов окружающей среды, что может объяснять ее

отсутствие в г. Сельдяная, которая, в отличие от других районов, в меньшей степени подвержена влиянию пресной воды.

Таблица. Паразитофауна трехиглой колюшки в разных местообитаниях

Название паразита	Станция / численность рыб, экз./м <sup>2</sup>			
	г. Сельдяная / 17,8	эстуарий р. Летняя / 4,9	эстуарий р. Никольский / 9,6	о. Бол. Медведок / 11,4
<i>Trichodina</i> sp.			э.и. 86,6%	э.и.66,6%
<i>Gyrodactylus</i> sp.	э.и.100% и.и.3- 152 и.о. 63,4	э.и. 86,6% и.и. 7-44 и.о. 25,8	э.и. 93,3% и.и. 1-141 и.о. 38,2	э.и. 100% и.и. 7-103 и.о. 46
<i>Anisakis</i> sp.	э.и. 80% и.и.1-8 и.о.1,8	э.и. 40% и.и. 1-4 и.о.1	э.и. 40% и.и. 1-9 и.о. 1,1	э.и. 66,6% и.и. 1-5 и.о. 1,7
<i>Lecithaster gibbosus</i>	э.и. 6,6% и.о. 0,06 и.и. 1			
<i>Brachyphallus crenatus</i>		э.и. 6,6% и.о. 0,2 и.и. 3		
<i>Podocotyle atomon</i>		э.и. 6,6% и.и. 3 и.о. 0,2		
<i>Derogenos varicus</i>			э.и. 20% и.и. 1-5 и.о. 0,4	
Trematoda Gen.sp.	э.и. 13,3% и.и. 2-3 и.о. 0,3	э.и. 13,3% и.и. 1 и.о. 0,1	э.и. 13,3% и.и. 1-6 и.о. 0,4	э.и. 6,6% и.и.-1 и.о. 0,06
<i>Cyathocephalus truncatus</i>		э.и. 6,6% и.и. 4 и.о. 0, 2		
<i>Proteocephalus</i> sp.		э.и. 6,6% и.и. 3 и.о. 0,2		
<i>Eubotririum crassum</i>		э.и. 6,6% и.и. 3 и.о. 0,2		
<i>Botrhyrocephalus</i> sp.			э.и. 6,6 % и.и. 1 и.о. 0,06%	
Cestoda Gen.sp.	э.и. 26,6% и.и.1 и.о. 0,2	э.и. 13,3% и.и. 1 и.о. 0,1	э.и. 40% и.и. 1-3 и.о. 0,6	э.и. 53,3% и.и. 1-8 и.о. 0,8

Примечание: э.и. – экстенсивность инвазии, и.и.- интенсивность инвазии, и.о. – индекс обилия.

**Кузьмин А.А., Фокин М.В.**<sup>1</sup> К разработке молекулярно-генетических маркеров видовой диагностики видов-двойников комплекса *Jaera albifrons* (Crustacea: Isopoda) беломорских и баренцевоморских поселений

<sup>1</sup> Зоологический институт РАН

Виды мелких равноногих рачков комплекса *Jaera albifrons* – один из типичных примеров симпатрических видов-двойников. Пять современных видов этого комплекса морфологически различимы лишь по половозрелым самцам. Самок и молодых особей, составляющих основную часть поселений, определить до вида на основании внешних морфологических признаков практически невозможно. Это накладывает значительные ограничения на возможности исследования смешанных природных поселений. Как и для многих других групп видов – двойников становится актуальным поиск иных, нежели внешние морфологические признаки, видовых маркеров. Ранее была показана возможность использования аллозимного анализа для идентификации видов группы *Jaera albifrons*. Однако этот метод трудоемок и может иметь лишь ограниченное применение. Та же группа исследователей провела предварительные поиски молекулярно-генетических маркеров и показала непригодность «универсальных» митохондриальных маркеров для различения видов (ген I субъединицы цитохромоксидазы и ген 16S рРНК). Таким образом, более перспективными для дифференцировки видов комплекса, по нашему предположению, должны оказаться ядерные гены, имеющие другой тип наследования.

В настоящей работе мы исследовали информативность фрагмента D1-D2 гена 28S рРНК большой субъединицы рибосомы. Для исследования было взято по несколько самцов трех видов йер комплекса *Jaera albifrons* из беломорских и баренцевоморских поселений. Кроме того, фрагмент D1-D2 проанализирован у других видов рода *Jaera*. Был применен метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) для амплификации этого фрагмента; далее ПЦР-продукты секвенировали.

Универсальные праймеры на фрагмент D1-D2 оказались непригодны для амплификации фрагмента D1-D2 у йер. Эти праймеры, по нашим данным, тем не менее, можно успешно применять для анализа разнообразия микрообрастателей и микросимбионтов (ифузории, диатомовые водоросли и др.). Для целей нашей работы пришлось разработать более специфичную пару праймеров. С их использованием был амплифицирован и отсеквенирован участок около тысячи пар оснований. Последовательности нуклеотидов этого участка близки другим известным сиквенсам D1-D2 изопод. Внутриродовая, в пределах рода *Jaera*, изменчивость по фрагменту D1-D2 велика и достигает 38% наблюдаемых нуклеотидных замен. Однако различия между видами

комплекса *Jaera albifrons* практически отсутствуют. Эти отличия включают одну нуклеотидную замену и одну двухнуклеотидную вставку. Тем не менее, оба этих изменения являются видоспецифичными и отмечены у *J. praehirsuta* и *J. ischiosetosa* соответственно. Исследование изменчивости в этих сайтах на массовом материале возможно проводить без секвенирования. Для выявления однонуклеотидной замены оказалось возможным использовать анализ длин рестрикционных фрагментов при действии рестриктазой AluI. Для анализа наличия/отсутствия вставки разработана пара специфичных праймеров для ПЦР. Оба метода потенциально пригодны для обнаружения гибридных особей, что будет протестировано в ближайшее время.

**Кузьмин А.А., Хайтов В.М.<sup>1</sup>** Существует ли сегрегация беломорских видов комплекса *Jaera albifrons* (Crustacea: Isopoda) по разным видам фукоидов?

<sup>1</sup> Кандалакшский государственный заповедник

Различия в экологических предпочтениях являются первым барьером в межвидовой изоляции видов в комплексе *Jaera albifrons*. Эти различия обычно выявляются на нескольких пространственных уровнях – от биогеографического уровня до мареографического подразделения локальной литорали – и приводят к уменьшению контактов между особями разных видов. Вопрос о микросегрегации видов в условиях совместного обитания пока остается открытым. Существует ли расхождение видов по отдельным субстратам одного типа? Для ответа на этот вопрос нами было проанализировано распределение трех беломорских видов йер (*J. albifrons*, *J. ischiosetosa* и *J. praehirsuta*) на разных видах фукоидов.

Работа выполнена на одном из берегов о. Олений (Кандалакшский залив Белого моря). Здесь массовые виды водорослей (*Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* и *F. distichus*) не проявляют вертикальной зональности и на талломах фукоидов встречены все три беломорских вида йер. Мы предположили две гипотезы относительно пространственного распределения рачков. Во-первых, если йеры имеют узкие субстратные предпочтения (каждый вид йер приурочен к определенному виду фукоидов), то должна наблюдаться неравномерность распределения разных видов рачков на разных видах фукоидов. Во-вторых, даже в случае отсутствия строгих альгологических предпочтений, разные виды йер

могут сегрегироваться по видам фукоидов в связи с локальными (разные площадки) биотопическими различиями.

Сбор материала производился по следующей схеме. Было выбрано три площадки, располагавшихся на одинаковом уровне осушки литорали. Расстояние между соседними площадками составляло десять метров. На каждой из них мы случайно выбирали по три таллома каждого из трех видов фукоидов в пределах круга радиусом 2 м.

С талломов фукоидов были собраны все особи йер; талломы водорослей далее взвешивали. По эмпирическим уравнениям вес водорослей  $M$  (г) пересчитывали в площадь поверхности таллома  $S$  (см<sup>2</sup>):

$$A. nodosum - S = 13,8M + 33,3, R^2 = 0,58;$$

$$F. vesiculosus - S = 9,5M + 165,3, R^2 = 0,43;$$

$$F. distichus - S = 15,3M + 34,4, R^2 = 0,89.$$

Самцов йер определяли до вида, и их численность относили к площади поверхности талломов. Оценка распределения самцов каждого вида рачков была проведена методом дисперсионного анализа: по однофакторной схеме (фактор «вид фукоида») и двухфакторной иерархической (фактор «площадка» и вложенный фактор «вид фукоида»). Достоверного влияния вида фукоидов и положения точки сбора материала («площадки») на распределение самцов йер не выявлено.

Кроме того, было проведён анализ влияния тех же факторов на соотношение показателей обилия видов йер, формирующих смешанное поселение. Для этого в каждой пробе вычисляли доли обилия разных видов йер (самцов). На основе этих данных была получена матрица расстояний (коэффициент Брея–Кертиса). Эта матрица далее использовалась для проведения однофакторного и двухфакторного анализов PERMANOVA (структура факторов аналогична приведенной выше). Оба анализа не смогли выявить достоверного влияния фактора «вид фукоида». Однако двухфакторный метод показал достоверное влияние на соотношение видов рачков положения точки сбора («площадки»).

Таким образом, наши данные не подтверждают гипотезу о сегрегации видов комплекса *Jaera albifrons* по разным видам фукоидов. Однако достоверные отличия относительного обилия рачков в разных точках сбора материала (фактор «площадка») говорят о том, что композиция видов йер подвержена влиянию других, пока неизвестных факторов, действующих очень локально и, видимо, не связанных с уровнем осушки и соленостью.

**Манылов О.Г.** Иммунореактивность к серотонину в нервной системе регенерирующих особей *Turbanella cornuta* (Gastrotricha)

Методами обычной и конфокальной флуоресцентной микроскопии тотальных препаратов изучено распределение иммунореактивности к серотонину в нервной системе брюхопесничного червя *Turbanella cornuta* (Gastrotricha, Macrotrichida) на разных стадиях регенерации после поперечной перерезки животного в области средней кишки. Материал был собран в литоральной зоне о. Кереть, а экспериментальная часть работы выполнена на МБС СПбГУ.

Серотонинэргическая часть нервной системы у *T. cornuta* устроена весьма просто. Иммунореактивность (ИР) к серотонину выявляется в двух нейронах, расположенных симметрично в дорсальной части головного ганглия. Их отростки входят в надглоточную комиссуру и далее в главные вентролатеральные нервные стволы. ИР выявляется по всей длине главных стволов вплоть до анальной комиссуры, хотя серотонин-позитивные клетки в туловищной области отсутствуют.

После экспериментальной перерезки, передний фрагмент тела проявляет значительную ИР в области поврежденных нервных стволов. У некоторых экземпляров на концах стволов можно наблюдать вздутия, по интенсивности свечения сравнимые с телами нейронов. Однако уже через сутки эти вздутия и избыточная ИР исчезают, а через 1,5–2 суток после ампутации нервные стволы смыкаются медиально. Таким образом, задняя комиссура формируется при регенерации очень рано, опережая не только смыкание тяжей Y-органа, но даже восстановление эпидермального пласта. В ходе дальнейшей регенерации заднего конца тела (формирование новых прикрепительных трубочек, смыкание главных продольных мышц, появление нового анального отверстия) общая картина ИР остается неизменной.

Иммунореактивность в ампутированном заднем фрагменте сохраняется до 8 суток после перерезки, несмотря на отсутствие в нем серотонинэргических нейронов. Закрывание раны у заднего фрагмента также сопровождается смыканием перерезанных нервных стволов, вследствие чего нервная система приобретает вид вытянутого кольца с двумя комиссурами: исходной задней и вновь образованной передней. Механизм смыкания нервных стволов остается неясным.

*Нефедова Е.А., Гоновоблева Е.Л., Тихомиров И.А. Sycon sp. (Porifera, Calcarea, Calcaronea) в условиях аквариальной культуры*

Изучение губок подкласса Calcaronea имеет давнюю историю. Первые описания относятся к позапрошлому веку (Risso, 1826; Blainville, 1837; Lendenfeld, 1885 и др.). Исследования эмбрионального и постэмбрионального развития этих губок проводились на примере *Sycon raphanus*, *Leucosolenia coriacea* и др. в середине двадцатого века (Duboscq, Tuzet, 1935, 1937, 1942; Tuzet, 1973). Эти исследования показали своеобразие амфибластульной личинки и долгое время предпринимались попытки объяснения такого хода развития с позиций теории зародышевых листков. К концу XX века сформировались представления об отсутствии у губок настоящих тканей и зародышевых листков. Этот тезис получил подтверждение и в исследованиях губок рода *Sycon*. Однако до сих пор данные об особенностях развития *Sycon sp.* фрагментарны и требуют дальнейшего исследования. Трудность изучения этих губок связана с необходимостью постановки полного жизненного цикла в искусственных условиях.

В аквариальной Ленинградского Зоологического Парка была обнаружена устойчиво существующая культура *Sycon sp.*, включающая все стадии жизненного цикла. Для того чтобы начать ее планомерное исследование необходимо было выяснить особенности содержания этих животных.

Для содержания гидробионтов (в основном представителей тропической фауны) в аквариумах разного объема (от 100 л до 30000 л), функционирующих по замкнутому циклу, используется вода из Белого моря. Во всех системах, вне зависимости от характера фауны, были обнаружены *Sycon sp.* Установлено, что культура губок устойчиво поддерживается при постоянной температуре +25°C, плотности морской воды 1022 мг/л и освещенности в течение 12 часов в сутки.

Особь *Sycon sp.* заселяют затененные участки с выраженной проточностью воды, как правило, между стеклом стенки аквариума и декорирующими его камнями или растениями, предпочитая при этом вертикальные стенки и поверхности с отрицательным уклоном. Субстратом могут служить стекло, его обрастатели, растения любых видов и камни.

Наши наблюдения показали, что в мезохилле всех крупных (1–3 см) особей постоянно присутствуют развивающиеся амфибластулы, что свидетельствует о постоянной репродуктивной активности губок.

Представители рода *Sycon* распространены как в северных, так и в тропических морях, в связи с чем, в настоящий момент невозможно определённо назвать источник появления этих губок в аквариумах зоопарка, т.к. они могли быть занесены как совместно с тропическими гидробионтами, так и с водой или грунтом из Белого моря.

**Попов В.А., Краснодембский Е.Г., Шульман Б.С., Шатских Е.В., Иванова Т.С.** Об изменении питания и паразитофауны окуня (*Perca fluviatilis* L.) оз. Кривое (Карельский берег, Белое море) за 40 лет

Одним из способов заражения рыб паразитами является инвазия через трофические связи. Следовательно, паразиты рыб, приуроченные к определенному кругу промежуточных хозяев, могут служить индикаторами рациона рыб. Целью нашего исследования было изучение связи питания окуня и его паразитофауны в оз. Кривое (ББС ЗИН РАН) и анализ изменений рациона и состава паразитов за 40-летний период исследования данного водоема.

Методом полного паразитологического вскрытия были изучены 66 рыб в летний период 2007–2008 гг. При анализе изменений паразитофауны окуня использовали данные М. К. Глубоковского за 1968–1969 гг. Рассматривали только тех паразитов рыб, заражение которыми происходит через трофические цепи, при питании окуня. Анализ питания проводили стандартным методом вскрытия желудков окуней в июне – сентябре 2004–2007 гг. (292 экз.). Данные по структуре ихтиоценоза, питания окуня сравнивали с результатами исследованиями 1950–1960-х гг. (Биологическая продуктивность..., 1975).

В настоящее время можно говорить об обеднении паразитофауны окуня, что может быть связано с изменением рациона окуня и изменениями в сообществе озера. Так, по сравнению с 60-ми годами наблюдается снижение инвазии рыб паразитами *Bunodera lucioperca* (экстенсивность инвазии (э.и.) снизилась с 60 до 4%, а интенсивность инвазии (и.и.) с 21 до 5) и *Proteocephalus perca* (э.и. с 20 до 4%). Следует отметить, что в 1968 г. М. К. Глубоковский продемонстрировал в результатах исследований высокие показатели зараженности окуня паразитами, свойственными другим видам рыб обитающих в озере: ряпушке (*Coregonus albula*), таких как *Phyllodistomum conostomum* (э.и. 6,6%; и.и. 2), *Phyllodistomum simile* (э.и. 6,6%; и.и. 1), *Crepidostomum metoecus* (э.и. 13,2%; и.и. 8), *Diphyllobothrium dendriticum* (э.и. 33%; и.и. 7) и девятииглой колюшке (*Pungitius pungitius*) *Schistocephalus pungiti* (э.и. 6,6%; и.и. 4). В исследованиях 2007–2008 гг. не было зафиксировано ни единого случая обнаружения данных паразитов в окуне. В обоих исследованиях отмечена очень сходная степень инвазии окуня *Syathocephalus truncates* (э.и. 20% как в 1960-е годы, так и в 2000-е; и.и. 2 и 3,25, соответственно). Это свидетельствует о стабильном присутствии в питании окуня данного водоема сем. Gammaridae, представители которого являются промежуточными хозяевами паразита *Syathocephalus truncates*.

За прошедший период можно отметить, что структура ихтиоценоза озера изменилась: существенно снизилась доля ряпушки (с 60 до 10 % по

массе рыб в уловах). Также произошло снижение темпа роста окуня и его измельчение. В исследованиях 60-х гг. для окуня хищное питание было характерно (встречаемость колюшки в питании в 1969 году составляла 70%, также достаточно часто встречалась ряпушка). В настоящее время встречаемость колюшки в рационе окуня существенно ниже, а ряпушки практически нет (2 экз. за 4 года исследования). Данные изменения в структуре ихтиоценоза и рационе окуня могли привести к исчезновению паразитов, попадающих в окуня при питании рыбами и характерных для ряпушки.

Основу рациона окуня за оба периода исследования составляют представители Gammaridae, 100% по встречаемости и до 90% по численности в июне и 20 – 70% в августе во всех размерных группах рыб (Биологическая продуктивность..., 1975 и наши данные). Предпочтение окунем представителей сем. Gammaridae в качестве пищевого компонента подтверждают паразитологические данные.

Снижение инвазии паразитами *Bunodera luciperca* и *Proteocephalus perca* в исследованиях 2007 - 2008 гг. можно связать с уменьшением за прошедший период численности промежуточных хозяев паразитов в озере кладоцер и копепод в 7,5 раз по сравнению с исследованиями 1960-х гг. (устное сообщение Л.Ф. Литвинчук) и с невысокой долей организмов зоопланктона в питании окуня (2 – 25% по численности) в настоящий период.

Таким образом, можно говорить об уменьшении доли хищничества в питании окуня за прошедший период, преимущественном питании окуней представителями Gammaridae. Уменьшение численности зоопланктона в озере, а также снижении его роли в питании окуней, вызвало снижение зараженности окуня паразитами, использующими организмы зоопланктона в качестве промежуточного хозяина.

**Попов В.А., Раилкин А.И.** Влияние различных концентраций кальция в морской воде и верапамила на подвижность и связь с субстратом турбеллярии *Convoluta convoluta*

Естественной средой обитания ряда видов морских беспозвоночных Белого моря (гидроидных полипов, усоногих раков, моллюсков и других) является литоральная прибойная зона, оказывающая выраженное гидродинамическое воздействие на их расселительные и взрослые формы. Одной из важных адаптаций этих организмов является наличие у них различных приспособлений и механизмов для удержания на твердом субстрате и прикрепления к нему. В настоящем исследовании проверялась гипотеза о физиологическом Са-зависимом механизме прикрепления,

показанном недавно на планулах гидроидного полипа *Gonothyrea loveni*, циприсах усоного рака *Semibalanus balanoides*, педивелигерах и спате моллюска *Mytilus edulis* (Раилкин и др., 2009).

Цель работы – проверка этой гипотезы на турбеллярии *Convoluta convoluta*. Ресничные черви были собраны в зоне прибоя на нитчатых водорослях в бухте Яковлева губы Чупа и перевезены в Морской аквариальный комплекс в Биологический НИИ. При содержании в лабораторных условиях червей кормили микрообрастанием один раз в 7–10 дней. Для постановки опытов была приготовлена искусственная морская вода с нормальным, близким к естественному, и с пониженным содержанием кальция, составлявшим 5%, 10% и 20% от нормы. В экспериментах также использовался блокатор кальциевых каналов верапамил в концентрации  $10^{-4}$  и  $10^{-5}$  М. Каждый опыт был поставлен на 20 особях в 4-х повторностях в объеме 4 мл в чашках Петри диаметром 4 см. В ходе опытов и наблюдений фиксировалось время изменения физиологического состояния конволют: снижение скорости их движения по поверхности (стенкам и дну чашки Петри), обездвиживание, отсутствие или наличие устойчивого (постоянного) контакта с субстратом, полная потеря связи с ним.

После помещения турбеллярий в естественную или искусственную морскую воду с нормальным содержанием кальция в первые минуты наблюдения они двигались достаточно быстро, переходя от плавания к ползанию по субстрату и обратно к плаванию. Постепенно (через 5–15 мин) они окончательно переходили к скользящему более медленному движению по субстрату, находясь при этом в контакте с ним (адгезия), и уже не плавали в воде. В искусственной морской воде отдельные особи могли спонтанно останавливаться на непродолжительное время (5–15 мин), временно более прочно прикрепляясь к субстрату так, что их нельзя было оторвать от него даже при энергичном движении тонкой кисточкой вокруг них. В естественной морской воде такие остановки наблюдались одновременно у большего числа особей и были более продолжительными (от 5 до 15–30 мин). Смена двигательной активности, которая при нормальном содержании кальция в воде у большинства турбеллярий завершалась через 30–60 мин, вполне соответствует понятию ориентировочной реакции, проявляемой животными (например, простейшими и беспозвоночными) при попадании их в новую обстановку. Необходимо обратить внимание на то, что при этом их поведение в естественной и искусственной морской воде было достаточно сходным, причем никакого видимого изменения адгезии к субстрату не наблюдалось.

В опытах с различным содержанием кальция в воде были получены следующие результаты. Максимальное изменение состояния *C. convoluta*

наблюдалось при нулевой концентрации кальция. Оно выражалось в более быстром (уже через 5 мин) снижении скорости движения, чем в воде с нормальным содержанием кальция, и обездвиживании, которое происходило у многих особей через 5–10 мин от начала опыта. К этому следует добавить, что у конволют появлялись резкие несвойственные им в естественных условиях конвульсивные сократительные движения. Утрата устойчивого контакта с субстратом наблюдалась с 20-й мин эксперимента. Раствор с 5%-ным содержанием кальция дал сходные результаты. Менее эффективными в подавлении указанных реакций движения и прикрепления была морская вода с 10%- и 20%-ным содержанием кальция. При этом полного обездвиживания при 20%-ной концентрации кальция зафиксировано не было.

Результаты опытов с верапамилом показали достаточно быстрое замедление скорости перемещения (со 2-й мин опыта) с последующим обездвиживанием, в большинстве случаев с 5–7-й мин. Однако снижения адгезии (и прикрепления) в течение 1–1,5 ч наблюдений не происходило.

Таким образом, проведенное экспериментальное исследование позволило найти зависимость между концентрацией кальция в воде, двигательной активностью и прикрепительным поведением *C. convoluta*. Было показано снижение прикрепительной способности в бескальциевой морской воде и в воде с малым содержанием кальция. Результаты экспериментов с использованием блокатора кальциевых каналов верапамила не выявили их участия в прикреплении турбеллярий к субстрату. Полученные данные подтверждает гипотезу о кальций-зависимом механизме прикрепления у обитателей литоральной зоны и делают вероятным его наличие у других беспозвоночных животных живущих на твердых субстратах.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №№ 08-04-01007-а и 08-04-10074-к.

**Попова О.С., Смуров А.О., Хлебович В.В.<sup>1</sup>** Разработка метода оценки соленостных толерантных границ у инфузорий по показателю активности клеток

<sup>1</sup> ЗИН РАН

Для оценки пределов физиологической устойчивости одноклеточных организмов к воздействию различных факторов среды в качестве регистрируемого показателя чаще всего используется смертность клеток (Александров, 1965, 1975; Суханова, 1968). Это вызвано тем, что регистрация большинства физиологических функций организма, таких, как темп размножения, средняя скорости движения, деятельность сократительной вакуоли, и т.п. сильно затруднена из-за их малых

размеров. Оценку пределов толерантности многоклеточных организмов производят по изменениям физиологической активности особей (Kunnemann, Precht, 1979; Хлебович, 1981).

Рядом исследований было показано, что пределы температурной толерантности некоторых видов рыб, оцененные по изменению физиологических функций, и показатели, полученные на основании критерия смертности, в большинстве случаев различаются (Elliot, 1981, 1991; Beitinger, Bennett, 2000). Аналогичные сравнительные исследования для одноклеточных организмов почти не проводились, что вызвано отсутствием удобных и нетрудоемких методов оценки их физиологической активности. По этой причине на сегодняшний день актуальна разработка методик, позволяющих сравнить значения толерантных границ, полученных не только по критерию смертности одноклеточных организмов, но и по легко регистрируемым показателям уровня физиологической активности.

Целью работы была разработка метода оценки пределов соленостной толерантности у инфузорий по показателю активности клеток. В качестве экспериментального объекта был выбран клон Ср98-1 вида *P. nephridiatum*, для которого ранее были определены границы диапазона солёностной резистентности (показатель смертности).

Границы диапазона солёностной толерантности определялись по показателю локомоторной активности клеток. Активными считались особи, которые спустя 24 ч. после помещения в тестируемую соленость сохраняли способность к передвижению. Утратившими способность к передвижению (неактивными) считали клетки, которые не двигались в течение 30 секундного интервала просмотра экспериментальных сосудов. При этом не предпринимались какие-либо действия, вынуждающие инфузорий к активной локомоции. В качестве предела толерантного диапазона было принято значение солености, в которой оставались активными 50% тестируемых особей. Такие пределы были определены для инфузорий, предварительно акклиматизированных к пресной воде и средам соленостью 4, 6, 10, 12, 20, 30‰.

Нами показано, что толерантные диапазоны, оцененные по показателю активности клеток, были уже, чем аналогичные диапазоны, определенные по показателю смертности для тех же соленостей акклиматизации. Единственное значение солености акклиматизации, для которой диапазоны совпали, оказалась равной 30 ‰.

Значения соленостных толерантных границ, полученных по показателям смертности и по показателю активности клеток, линейно связаны с изменением солености акклиматизации. Коэффициенты линейной регрессии достоверны в обоих случаях ( $p < 0.05$ ).

На основании полученных данных можно утверждать, что предложенная методика удобна в применении и может быть пригодна для оценки соленостных толерантных границ у инфузорий.

*Раилкин А.И., Чикадзе С.З., Никитин О.М., Гагаринова Н.Г.* Общие подходы и методические особенности исследований по проблеме защиты от биологического обрастания на базе ЦКП «Морской аквариальный комплекс»

Центр коллективного пользования «Морской аквариальный комплекс» (МАК) был создан в Биологическом НИИ СПбГУ в конце 2004 г. с целью проведения на его базе исследований студентов, преподавателей и научных работников университета, академических и других учреждений. За 4 года его функционирования накоплен положительный опыт длительного содержания различных беспозвоночных животных, асцидий, рыб и водорослей Белого моря, населяющих нижнюю литораль и верхнюю сублитораль. В условиях аквариальной неоднократно происходило размножение беспозвоночных животных (губок, кишечнополостных, полихет, моллюсков) и водорослей, которое было отмечено почти у четверти всех (более 60) содержащихся в ней видов. Большое значение для организации длительного содержания (и размножения) гидробионтов в условиях МАК сыграло принципиальное решение вопросов выбора и круглогодичного поддержания в аквариальных блоках низкой температуры (+8–10°C), оптимизация светового и гидродинамического режимов, а также качества кормов и частоты кормления. Выполненные наблюдения за состоянием гидробионтов при разных технологических режимах и методические исследования создали основу для проведения экспериментальных работ на базе МАК.

Важной для фундаментальной и прикладной науки является проблема биологического обрастания и защиты от него. В МАК содержатся (и размножаются) многие виды обрастателей (бентосных организмов), такие как губки (*Polymastia*), гидроидные полипы (*Gonothyrea loveni*, *Dynamena pumila* и др.), актинии (*Metridium senile*), сцифистомы сцифоидной медузы *Aurelia aurita*, усоногие раки *Semibalanus balanoides*, полихеты (спирорбиды), двустворчатые моллюски *Mytilus edulis*, голожаберные моллюски, иглокожие, асцидии, красные, бурые и зеленые водоросли. Таким образом, имеющиеся объекты позволяют, в принципе, проводить круглогодично экспериментальные работы на базе МАК.

Один из основных современных подходов к разработке экологически безопасной защиты от морского обрастания состоит в изучении механизмов и веществ эбиотической защиты. К настоящему времени в ведущих лабораториях мира изучены многие десятки необрастающих (или слабо обрастающих) видов бентосных организмов, выделены в достаточных количествах, охарактеризованы и идентифицированы их защитные вещества. Проведение подобных работ на базе аквариальной

потребовало бы существенного увеличения площадей и объемов не только для содержания, а главным образом для разведения и выращивания гидробионтов, что, безусловно, целесообразнее осуществлять в естественных условиях при использовании существующих биотехнологий, например, марикультуры моллюсков, водорослей и других объектов.

Подход, использованный нами для разработки экологически безопасной защиты от морского обрастания, заключается в изучении ключевых процессов обрастания, их универсальных механизмов и в поисках способов их экологически безопасного подавления. Ранее проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали перспективность такого подхода. В качестве ключевого процесса было выбрано прикрепление, причем его обратимые фазы: адгезия и временное прикрепление.

Условия МАК, в принципе, дают возможность разработки такого подхода на личиночном материале, молоди и взрослых организмах. На расселительных стадиях обрастателей, личинках беспозвоночных животных и спорах водорослей могут быть непосредственно изучены процессы и механизмы прикрепления. В октябре 2008 г. на базе МАК путем индукции после подсушивания участков талломов со спорангиями в течение около месяца получали подвижные споры бурой водоросли *Laminaria saccharina*, на которых был изучен механизм прикрепления в опытах с пониженным содержанием в воде ионов кальция. Аналогичные исследования, выполненные на постличинках мидии *Mytilus edulis* и турбелляриях *Convoluta convoluta* сотрудниками МАК показали, что механизм прикрепления всех этих объектов, имеющих разные способы связи с твердым субстратом, является кальций-зависимым.

Для подавления прикрепления и соответственно обрастания в модельных опытах были использованы антагонисты кальция (соединения кобальта и лантана), которые вводили в полимерные противообрастательные покрытия. Их испытания были выполнены на базе МАК с использованием сообществ микрообрастания, а также в проточном модуле (объемом около 1 тонны), содержащем в своем составе бентосные организмы и грунт. В предварительных опытах оценивали стойкость покрытий в морской воде и их влияние на состояние гидробионтов, населяющих дно аквариумов, а также на численность разных групп микроорганизмов, плавающих в толще воды или перенесенных со стенок аквариумов на модельные покрытия (микрообрастание). Опыты, которые еще продолжаются, подтверждают перспективность предложенного нами подхода для создания экологически безопасной защиты от морского обрастания.

Таким образом, проведенные исследования показывают не только возможность, но и результативность разработки проблемы защиты от морского обрастания на базе МАК.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №№ 08-04-01007-а и 08-04-10074-к.

***Раилкин А.И., Чикадзе С.З., Шилова О.А.<sup>1</sup>, Ефимова Л.Н.<sup>1</sup>, Сафина Д.А., Попов В.А., Савельев Ю.В.<sup>2</sup>, Серов В.Г.<sup>2</sup>*** Исследование механизмов прикрепления обрастателей и новые подходы к экологически безопасной защите от морского обрастания

<sup>1</sup> Институт химии силикатов имени И. В. Гребенщикова РАН, <sup>2</sup> Институт химии высокомолекулярных соединений НАН Украины

Анализ процессов, приводящих к колонизации (обрастанию) поверхностей твердых тел, позволил прийти к важному выводу о том, что ключевыми среди них являются оседание, адгезия и временное прикрепление. Именно они в совокупности с другими процессами, включенными в колонизационные циклы обрастателей, приводят к концентрированию на поверхностях естественных и искусственных твердых субстратов огромных биомасс бентосных организмов. В отношении технических объектов (материалов, изделий и сооружений) существует серьезная проблема их защиты от биообрастания и биоповреждения, которая в современных условиях осложняется тем, что промышленные способы защиты являются экологически опасными. Основной подход к решению этой проблемы, стоящей на одном из первых мест по важности для человечества, заключается в поиске естественных средств защиты от обрастания, точнее эпибиоза. К настоящему времени выделено и идентифицировано более 100 экзометаболитов, используемых базибионтами для защиты от эпибионтов. Анализ проблемы эпибиотической защиты показывает, что среди изученных веществ нет универсальных, эффективных против всех (многих) обрастателей.

Наши теоретические исследования позволили найти другой принципиальный подход к разработке проблемы экологически безопасной защиты от биообрастания. Он заключается в исследовании механизмов прикрепления как ключевых процессов обрастания и создании на основе его блокирования защиты, безопасной в экологическом отношении.

Исследования, выполненные на Белом море авторским коллективом биологов и химиков, показали следующее. Прикрепление включает в себя физическую адгезию, механизмы которой не были исследованы, и биологическое прикрепление, состоящее из временного и постоянного прикрепления. Эксперименты, выполненные с организмами,

обладающими разными способами прикрепления – спорами бурой водоросли *Laminaria saccharina*, планулами гидроидного полипа *Gonothyrea loveni*, ресничными червями *Convoluta convoluta* и двустворчатым моллюском *Mytilus edulis*, которых выдерживали в морской воде с пониженным содержанием ионов кальция (или в бескальциевой морской воде), показали, что при низком содержании кальция (или его отсутствии) нарушаются или полностью подавляются процессы прикрепления. Дополнительные опыты, выполненные с ионами-антагонистами кальция (ионами лантана, никеля и кобальта) на спорах *L. saccharina*, циприсах усонного рака *Semibalanus balanoides*, педивелигерах двустворчатых моллюсков *M. edulis* и *Mya arenaria*, показали, что антагонисты кальция подавляют прикрепление всех изученных обрастателей, причем в отношении эффективности подавления они образуют ряд: лантан > никель > кобальт. Полученные экспериментальные данные позволили сформулировать гипотезу о кальций-зависимом механизме прикрепления обрастателей.

Задача разработки экологически безопасного противообрастательного покрытия усложняется тем, что противообрастательное вещество, с одной стороны, должно быть достаточно прочно внедрено в структуру покрытия, а, с другой стороны, постепенно вымываться, обеспечивая тем самым определенную концентрацию его на поверхности покрытия и в тонком слое воды, непосредственно примыкающем к нему. В настоящее время проверяется гипотеза о том, что наносостояние вещества может способствовать усилению активности каталитических и биологически активных веществ, в том числе обладающих противообрастательным действием. Для равномерного распределения наночастиц в композиционных материалах используется золь-гель технология. С ее помощью нами сформированы композиционные и гибридные органо-неорганические покрытия, структура которых образована как органическими, так и неорганическими структурными сетками. Органическая матрица покрытия получается на основе традиционных лакокрасочных материалов, а неорганическая сетка – исходя из гидролизованных алкоксисоединений. Вещество–противообрастатель вводится непосредственно в золь-гель систему и внедряется в образующуюся структуру матрицы *in situ*, т.е. образуется структура по типу «гость-хозяин». При этом активное вещество в виде нанометровых включений оказывается равномерно распределенным по всему объему покрытия и закрепленным в петлях неорганической матрицы, которая препятствует его быстрому вымыванию из покрытия.

Один из путей улучшения свойств противообрастательных покрытий с наноструктурной организацией – использование в качестве матрицы покрытия гибридных органо-неорганических полимеров с

ковалентносвязанными органическими и неорганическими фрагментами. Выбор полиуретановых систем объясним как популярностью полиуретанов для создания покрытий, так и новыми перспективами полиуретан/полисилсеквиоксановых гибридных полимеров с наноструктурной организацией. Фрагменты краун-эфира, встроенные, посредством ковалентных связей, в химическую структуру уретанового органического фрагмента, придают таким материалам комплексобразующую функцию за счет ион-дипольного взаимодействия катиона металла с полостью краун-эфира, что ведет к реализации контроля за транспортом активных добавок из материала на поверхность покрытия. Краун-эфирные структуры эффективно участвуют в формировании комплексов со многими катионами металлов, в том числе и с некоторыми активными противообрастательными агентами, такими, например, как кобальт и лантан.

Первые образцы, содержащие выбранные нами противообрастательные вещества из числа указанных выше, были испытаны на Белом море и в настоящее время проходят более длительные испытания на международном российско-вьетнамском стенде в Южно-Китайском море. Результаты испытаний поддерживают идею перспективности создания экологически безопасной защиты на основе обратимо действующих блокаторов прикрепления.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №№ 08-04-01007-а и 08-04-10074-к.

**Старунов В.В., Лаврова О.Б., Тихомиров И.А.** Морфологическое исследование клеточных источников роста полихеты *Nereis virens*

Несмотря на многочисленные исследования, морфология и многие процессы онтогенеза полихет семейства Nereididae изучены ещё не достаточно полно. Настоящая работа посвящена исследованию строения заднего конца тела червя *Nereis virens*. Непосредственно перед пигидием у *N. virens* расположена зона роста. Здесь происходит закладка новых постларвальных сегментов. Определить границы этой зоны по сканограммам достаточно сложно. Предположительно, она находится на теле червя непосредственно перед началом продольных складок пигидия.

На основании реконструкций по сериям продольных и поперечных срезов было установлено, что в предпигидиальной зоне, на уровне передней границы перианального кровеносного синуса, расположено кольцо из клеток особого типа, имеющих недифференцированный вид. Оно находится в стенке тела червя, непосредственно в составе покровного эпителия. Образующие это (эктодермальное) кольцо клетки сильно

отличаются по размерам и строению от других соматических клеток. В поперечном сечении они достигают 8 мкм, имеют светлую цитоплазму и сильно конденсированные ядра, иногда проявляющие слабую эозинофилию. По-видимому, клетки эктодермального кольца делятся, поскольку в его пределах обнаруживаются многочисленные митотические фигуры.

В передне-заднем направлении эктодермальное кольцо состоит из одного-трех рядов клеток, причём размеры клеток различаются. В передней части кольца клетки обычно мельче, чем в задней. Размеры клеток кольца различаются также и в дорзо-вентральном направлении: дорзальные клетки, как правило, мельче вентральных. Эктодермальное кольцо с характерной размерной дифференцировкой клеточного материала обнаружено у всех изученных нами червей в норме и при регенерации. Наилучшим образом эта структура различима у молодых особей (20–50 сегментов).

По бокам от вентрального кровеносного сосуда, в месте его соединения с перианальным кровеносным синусом обнаружены скопления активно делящихся клеток, по строению напоминающих клетки эктодермального кольца. На основании реконструкции по поперечным срезам установлено, что эти клеточные скопления представляют собой два симметричных относительно медиальной плоскости компактных образования. Они начинаются парой крупных клеток, залегающих между стволами брюшной нервной цепочки на уровне перегородки, отделяющей пигидиальную полость от зоны роста. Далее, в направлении головного конца тела червей, число клеток, входящих в состав этих образований, увеличивается. Они заканчиваются в области объединения брюшных нервных стволов в брюшную нервную цепочку, по-видимому, соответствующую передней границе зоны роста.

По всей видимости, клетки эктодермального кольца являются источниками эктодермы новых сегментов, в то время как залегающие глубже парные клеточные скопления в районе перианального кровеносного синуса представляют собой источник мезодермы новых сегментов.

**Чикадзе С.З., Раилкин А.И.** Подавление прикрепления личинок *Gonothyraea loveni* в морской воде с разным содержанием кальция

Защита искусственных поверхностей от морского обрастания – одна из актуальнейших задач современной прикладной морской биологии. До настоящего времени не найдены универсальные и безопасные средства защиты, которые были бы эффективными против всех обрастателей.

Изучение механизмов прикрепления как ключевых процессов обрастания и создание на основе их блокирования защиты, возможно, позволит создать принципиально новые противообрастательные покрытия, безопасные в экологическом отношении.

Исследования последних лет, выполненные на Белом море, на ряде беспозвоночных животных и водорослей, показали, что стадию биологического прикрепления, состоящую из временного и постоянного прикрепления, возможно обратимо заблокировать в безкальциевой морской воде. В дополнение к этому было установлено, что ионы-антагонисты кальция, такие как кобальт, никель и лантан, в эффективных концентрациях обратимо подавляют движение и прикрепление изученных объектов. На основании проведенных исследований была сформулирована гипотеза о кальций-зависимом механизме прикрепления обрастателей (Раилкин и др., 2009).

Цель настоящей работы заключалась в проверке этой гипотезы на гидроидном полипе *Gonothyrea loveni* как одном из представителей обрастания в Белом море. Половозрелые колонии этого гидроида были собраны у о. Боршовец в губе Чупа в августе 2008 г. Они содержались в термостатированной комнате на МБС СПбГУ при температуре около +10°C, постоянной продувке и кормлении науплиусами артемии. Для получения планул были отобраны колонии со зрелыми гонофорами. Для индукции выхода планул из гонофоров колонии помещали в условия яркого освещения и интенсивной продувки при температуре +16–18°C. Полученные планулы переносили в чашки Петри с искусственной морской водой, имеющей разную концентрацию кальция. Их прикрепление индуцировали осушением чашек, в результате чего личинки распластывались, прикреплялись к субстрату и образовывали т.н. стадию диска. В течение 3-х суток наблюдали за характером прикрепления и выживаемостью планул. Каждый опыт был выполнен в трех повторностях с 30–40 особями. Были получены следующие результаты (таблица). В искусственной морской воде с нормальным содержанием кальция, также как и в естественной морской воде, планулы оставались прочно прикрепленными ко дну чашки Петри и нормально продолжали свое развитие от стадии диска к стадии столона. Смертность развивающихся гидроидов была незначительной и в среднем не превышала 3–6% на 2–3 сутки развития. В то же время в бескальциевой воде наблюдалась их массовая гибель. Морская вода с низким содержанием кальция, равным 12,5% от нормы, также была достаточно токсичной для них. Удовлетворительные результаты были получены в морской воде с пониженным относительно нормы содержанием кальция (25 и 50%). В этих опытах смертность личинок была относительно невысокой, особенно в первые сутки, а процент открепления за тот же период весьма

существенным и составлял от 15 до 30%, в среднем 23–26% особей. В последующие двое суток по мере развития и более прочного прирастания к субстрату процент открепления планул прогрессивно снижался. Важно подчеркнуть, что пониженное содержание кальция в воде вызывало открепление уже прочно прикрепленных (приросших) к субстрату и начавших метаморфоз особей. Полученные данные последних двух серий опытов (с пониженной концентрацией кальция) демонстрируют удивительный факт: возможность открепления развивающихся планул не только в первые сутки после их прикрепления, но также и в дальнейшем, т.е. на вторые и третьи сутки. Результаты экспериментов с *G. loveni* подтверждают гипотезу о кальций-зависимом механизме прикрепления расселительных стадий обрастателей. Более того, они показывают возможность не только предотвращения обрастания гидроидными полипами, но и подавления этого процесса.

Таблица. Подавление прикрепления личинок *Gonothyraea loveni* в морской воде с разным содержанием кальция

Содержание кальция, % от нормы	Длительность опыта, сутки	Процент открепившихся личинок	Суммарный процент смертности личинок
100	1	2,6±2,6	0,0
	2	5,6±2,8	2,8
	3	8,2±4,5	5,6
50	1	22,9±5,4	7,7
	2	18,8±4,9	17,9
	3	8,9±5,9	25,6
25	1	25,7±2,3	8,1
	2	12,6±5,2	16,2
	3	14,1±4,0	29,7
12,5	1	16,0±8,2	13,2
	2	20,0±2,6	26,7
	3	17,0±3,9	45,1
0	1	4,9±2,5	85,7
	2	0±0	89,5
	3	2,8±2,8	91,2

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №№ 08-04-01007-а и 08-04-10074-к.

**Баринава К.В., Маслов Ю.И., Тараховская Е.Р.** Характеристика пигментного состава ряда симбиотических штаммов *Nostoc* sp., являющихся фотобионтами лишайников р. *Peltigera* и *Nephroma*

Представители р. *Nostoc* являются цианобионтами многих лишайников. Симбиотические цианобактерии претерпевают существенные структурные и физиологические изменения по сравнению со свободноживущими штаммами. В составе лишайников клетки ностока существенно увеличиваются в размерах и меняют форму, возрастает количество гетероцист, модифицируется энергетический обмен клеток, изменяется пигментный состав и т. д. Основные функции цианобактерий в симбиотической системе заключаются в снабжении микобионта продуктами фотосинтеза и органическим азотом. Степень развития фотосинтетического и азотфиксирующего аппарата цианобактерий зависит как от вида лишайника (т. е. от микобионта), так и от типа симбиоза. Лишайники, содержащие цианобактерии, могут быть двух- или трехкомпонентными. В последнем случае цианобионт локализован в специализированных структурах – цефалодиях, а в альгальном слое лишайника содержится зеленая водоросль. По месту расположения в талломе различают наружные (поверхностные, на верхней коре) и внутренние (в сердцевине таллома под верхним коровым слоем) цефалодии. В данном исследовании использованы виды лишайников, различающихся как по типу симбиоза, так и по типу цефалодиев (таблица).

Таблица. Характеристика объектов исследования

Виды лишайников	<i>N. arcticum</i>	<i>P. aphtosa</i>	<i>P. scabrosa</i>	<i>P. malacea</i>
Тип симбиоза (количество компонентов)	3	3	2	2
Тип цефалодиев	внутренние	наружные	—	—

Целью данной работы является сравнение пигментного состава штаммов *Nostoc* sp., являющихся симбионтами лишайников *Peltigera aphtosa*, *P. scabrosa*, *P. malacea* и *Nephroma arcticum*. Материал был собран в районе МБС СПбГУ (о. Средний) в июле 2008 г. Содержание пигментов определяли спектрофотометрически (СФ-26, СФ-18) по спектрам поглощения нативных клеток и/или ацетоновых экстрактов; пики отдельных спектральных форм хлорофилла «а» выявляли по второй

производной спектров. Анализ данных проводили с помощью компьютерных программ GetData 2.20, Matlab 6.0, STATISTICA 7.1.

Светособирающие комплексы (ССК) цианобактерий включают в себя хлорофилл «а», ряд специфических каротиноидов и фикобилины (с-фикоэритрин, с-фикоцианин и аллофикоцианин). При этом наличие фикоэритрина необязательно: у многих цианобактерий, включая и ряд штаммов *Nostoc sp.*, этот пигмент отсутствует. Все штаммы, исследованные в ходе данной работы, содержали фикоэритрин: максимальное его количество зафиксировано у *P. malacea*, а минимальное – в цефалодиях *N. arcticum*. Относительное содержание фикоэритрина в клетках цианобионта характеризует способность лишайника к хроматической адаптации и эффективному усвоению энергии света. Анализ спектров поглощения нативных клеток позволил выявить в разных штаммах *Nostoc* от 5 до 10 форм хлорофилла «а» с максимумами поглощения в диапазоне 660 - 700 нм. Все исследованные штаммы имели максимумы поглощения при 663, 665, 670, 681 и 697 нм, однако клетки из цианобионтных лишайников *P. malacea* и *P. scabrosa* обнаружили дополнительные пики поглощения при 679, 684, 686, 690 и 694 нм. Количество спектральных форм хлорофилла отражает разнообразие пигмент-белковых комплексов в светособирающей антенне тилакоидных мембран. Таким образом, полученные данные позволяют прийти к заключению, что цианобионты двухбионтных лишайников имеют более развитые как наружный (фикобилины) так и внутренний (хлорофилл «а») ССК. У трехбионтных лишайников основным поставщиком органического вещества и энергии для симбиотической системы является зеленая водоросль. Основная функция цианобионта в таких ассоциациях – фиксация молекулярного азота. Очевидно, при формировании трехкомпонентной ассоциации цианобактерии претерпевают более значительные изменения метаболизма, приводящие, в частности, к неполному развитию пигментного аппарата.

**Тараховская Е.Р., Билова Т.Е.** Содержание пероксида водорода в тканях литоральных макрофитов *Fucus vesiculosus* L. и *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis.

Активные формы кислорода (АФК) – пероксид водорода, супероксид анион-радикал, гидроксильный радикал и другие являются одним из ключевых компонентов системы адаптивного ответа растений на действие стрессовых факторов. Биологическую роль АФК традиционно ассоциировали с повреждающими (окислительный взрыв) и сигнальными реакциями, способствующими активации антиокислительной защиты.

Однако в последнее время представление о роли АФК в клетках растений значительно расширилось: доказано, что они вовлечены также в регуляцию процессов деления и роста растяжением. Основным внутриклеточным источником АФК у растений являются процессы фотодыхания, 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 двух видов бурых макрофитов (*Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum*), в изобилии населяющих литораль северных морей, по содержанию пероксида водорода в разных зонах таллома.

Для исследования использовали талломы фукуса и аскофиллума примерно одинакового возраста (4–5 лет), собранные в зоне средней литорали на полной воде. Содержание  $H_2O_2$  определяли в высечках из разных участков таллома (основание, середина, средний воздушный пузырь и вегетативный апекс) по методу FOX (Gay, Gebicki, 2000).

Было установлено, что в обоих объектах максимальное количество  $H_2O_2$  (~0,5–0,6 мкМ/г сыр. веса) содержится в основании таллома (таблица). По мере продвижения «вверх», к более молодым частям растения, содержание перекиси постепенно снижается (на 45 и 30% соответственно у фукуса и аскофиллума).

Таблица. Содержание пероксида водорода (мкМ/г сыр. веса) в тканях *F. vesiculosus* и *A. nodosum* (представлены средние величины и доверительные интервалы,  $\alpha = 0,05$ )

Объект	Зона таллома			
	Основание	Средняя часть	Воздушный пузырь	Верхушка
<i>F. vesiculosus</i>	0,64±0,14	0,61±0,05	0,48±0,12	0,36±0,09
<i>A. nodosum</i>	0,48±0,11	0,40±0,05	0,25±0,05	0,34±0,05

Продольный градиент содержания  $H_2O_2$  в талломах водорослей, вероятно, объясняется 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. В среднем содержание  $H_2O_2$  в талломах фукуса почти на 30% выше, чем у аскофиллума. Известно, что *F. vesiculosus* отличается большей устойчивостью к таким факторам как осушка и повышенная инсоляция, что позволяет ему занимать более высокие горизонты литорали по сравнению с аскофиллумом. Одной из причин такой устойчивости этого вида может быть более низкая чувствительность тканей к высоким концентрациям АФК, в частности, пероксида водорода. Различие между объектами по содержанию  $H_2O_2$  проявляется, в основном, в средней части таллома и минимально – в верхушках. Исходя из этого, можно также предположить, что, при близких значениях средней интенсивности роста, скорость дифференцировки клеток в онтогенезе у фукуса и аскофиллума различается.

### *Цитология, Гистология, Эмбриология*

**Борисенко И.Е., Ересковский А.В.** Щупальце личинки беломорского гребневика *Bolinopsis infundibulum* (Lobata).

Все гребневики, за исключением представителей семейства беронид, имеют два сократимых ловчих щупальца, длина которых варьирует от нескольких миллиметров до 40 см. Снабженные коллобластами, выделяющими клейкий секрет, щупальца служат гребневику для ловли добычи, в основном, мелких ракообразных. Представители массового беломорского вида *Bolinopsis infundibulum* во взрослом состоянии обладают двумя парами щупальцевых галерей, состоящих из пучков коротких тентилл, и двумя сильно редуцированными центральными щупальцами. При захвате пищи роль тентилл сводится к подтаскиванию склеенной слизью добычи к ротовому отверстию; центральные же щупальца в питании участия не принимают (Серавин, 1998).

Целью настоящей работы было изучение строения тентакулярного аппарата планктонной личинки *B. infundibulum*. Личинок отбирали из планктона, собранного с весельной лодки сетью Джеди в середине августа 2008 года в районе биостанции ЗИН РАН, мыс Картеш (губа Чупа Белого

моря). Для световой микроскопии материал фиксировали 4% PFA и 2,5% глутаровым альдегидом с постфиксацией OsO<sub>4</sub>.

Собранные в этот период цидиппоидные личинки имели шарообразную форму и размер 2–2,5 мм. Примерно в средней части тела по орально–аборальной оси, с двух противоположных сторон, находятся два округлых тентакулярных влагалища. Каждое влагалище располагается в инвагинации эпидермиса, прижато к тентакулярному каналу и содержит основание щупальца. Диаметр влагалища достигает 160–200 мкм. Из влагалища выступает короткое гроздевидное щупальце, состоящее из нескольких десятков тентилл. Длина щупальца может составлять от 150 до 500 мкм, толщина – от 70 до 250 мкм.

Строение проксимальных и дистальных тентилл отличается. Строну каждой дистальной тентиллы составляют тесно лежащие цилиндрические эпителиальные клетки. Проксимальные тентиллы имеют в центре крупные секреторные клетки и небольшое количество мезоглеи. По периферии в эпителии тентиллы вкраплены коллобласты – булавовидные секреторные клетки диаметром 4–5 мкм, содержащие вокруг своей дистальной части множество секреторных пузырьков с клейким секретом. Не показано наличие слизистых секреторных клеток, описанных в эпителии щупальца у взрослых гребневиков (Hernandez-Nicaise, 1991).

На этой стадии между слоями покровного эпителия проксимальных тентилл появляется внеклеточный матрикс (ВКМ) и секреторные клетки, его вырабатывающие. В центральной части основания проксимальной тентиллы тесно лежат крупные секреторные клетки (12–20 мкм) с умеренной базофильной цитоплазмой и 2–5 небольшими светлыми пузырьками в цитоплазме. Далее, ближе к дистальной части тентиллы, располагаются клетки с сильно базофильной цитоплазмой, наполненной пузырьками. На этом уровне проксимальной тентиллы появляется внеклеточный матрикс. Следует отметить, что часть клеток становится сильно вакуолизированной и имеет пикнотические ядра. Кроме того, проксимальные тентиллы содержат молодые коллобласты, выделяющиеся характерной клиновидной формой ядер.

Представленные результаты хорошо укладывается в описание процесса синтеза тентакулярной мезоглеи мышечными клетками у *Pleurobrachia pileus* (Franc, 1985). При этом происходит дифференцировка стволовых недифференцированных клеток корня щупальца в секреторные, которые синтезируют предшественников мезоглеи и выделяют ее в межклеточное пространство, где осуществляется сборка мезоглеальных волокон. Затем эти секреторные клетки, параллельно с ВКМ синтезировавшие белки миофибрилл, редуцируют синтетический аппарат, собирают миофибриллы и становятся одноядерными мышечными волокнами. Это временное разделение процесса синтеза ВКМ и

дифференцировки в миоциты хорошо объясняет отсутствие в щупальце личинки данного возраста обычных мышечных волокон.

Щупальцевое влагалище окружено типичной гастродермой тентакулярного канала и содержит корень щупальца, состоящий из популяции малодифференцированные клеток, обеспечивающих постоянный рост щупальца. Периферические слои стволовых клеток в корне щупальца лежат более рыхло, чем центральные.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №06-04-48660а.

**Гонобоблева Е.Л., Мухина Ю.И., Футикова Т.И., Ефремова С.М.** К вопросу о гаметогенезе и источниках гамет у двух губок: *Spongilla lacustris* (Demospongiae, Haplosclerida) и *Halisarca dujardini* (Demospongiae, Halisarcida)

Половые клетки – уникальная клеточная популяция, детерминация которой у большинства животных происходит либо в проэмбриональный период, либо на ранних стадиях эмбриогенеза. Эволюционные истоки механизмов обособления этой клеточной линии можно отыскать, исследуя группы многоклеточных, располагающихся в основании филогенетического древа многоклеточных. У некоторых представителей низших беспозвоночных животных (Губки, Книдарии, Плоские черви) половые клетки возникают у взрослого организма и связаны по своему происхождению с популяцией стволовых клеток (архециты и хоаноциты у губок, i-клетки у книдарий, необласты у плоских червей). Изучение спецификации и дифференцировки половых клеток сопряжено с выявлением морфологических и молекулярных детерминантов клеток этой линии.

Губки – одна из наиболее примитивных групп среди многоклеточных животных. Морфологические исследования показали, что происхождение гамет у разных в систематическом отношении губок различно. Гаметы могут формироваться из архецитов (плюрипотентных клеток мезохила) и/или из хоаноцитов, специализированных жгутиковых соматических клеток, образующих жгутиковые камеры как часть водоносной системы. Таким образом, у губок в формировании половых клеток могут участвовать как стволовые, так и высоко специализированные клетки, что является отличительной чертой этих животных. В то же время хоаноциты рассматриваются некоторыми авторами (Funayama, 2008) как второй тип клеток (после архецитов) со свойствами резервных стволовых клеток.

Детерминация половых клеток и поддержание их популяции осуществляется с помощью сложных молекулярных механизмов. Одним из маркеров половых клеток, связанных с выполнением этих функций

является белок Vasa – DEAD-бокс РНК хеликазы. Белок присутствует в морфологических структурах, называемых половыми детерминантами. Выявление паттерна экспрессии гена *vasa* в клетках на разных стадиях жизненного цикла губок – одна из наших задач, решение которой позволит выяснить источник формирования половых клеток, наличие или отсутствие особой, половой, клеточной линии, обозначить время их появления.

В связи с предполагаемым дуализмом происхождения гамет у губок мы предприняли изучение двух систематически удаленных видов Demospongiae – *Spongilla lacustris* (пресноводная губка, отряд Harposclerida) и *Halisarca dujardini* (беломорская губка, отряд Halisarcida). Считается, что источником оогониев у *S. lacustris* являются археоциты, а сперматогонии формируются из хоаноцитов, однако прямых доказательств этому нет. У *H. dujardini* оогонии возникают из хоаноцитов (Короткова, Айзенштадт, 1976), а происхождение сперматогониев не исследовано.

Нами выполнено клонирование и секвенирование фрагмента гомолога гена *vasa* у *S. lacustris* и произведен филогенетический анализ полученных последовательностей белка Vasa. Ультраструктурное исследование оогенеза у этого вида показало наличие в цитоплазме ооцита на двух стадиях развития типичных морфологических детерминантов клеток половой линии, отличных от описанных ранее у *H. dujardini*. Следующим этапом исследования предполагается выявление экспрессии гомолога *vasa* в клетках одной и другой губок, что позволит внести ясность в вопрос о происхождении половых клеток и о статусе хоаноцитов как стволовых клеток.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 07-04-01703.

**Зайцева О.В.<sup>1</sup>, Петров С.А., Маркосова Т.Г.<sup>1</sup>** Исследование организации нервной системы беломорской немертины *Malacobdella grossa*

<sup>1</sup>ЗИН РАН

Немертина *Malacobdella grossa* является своеобразным представителем беломорской фауны. Будучи комменсалом, она живет в мантийной полости двустворчатых моллюсков, в частности - *Arctica islandica*. Малакобделла имеет необычное для немертин строение, поэтому ее выделяют в отдельный отряд Bdellonemertini и относят к классу вооруженных немертин (Enopla). *M. grossa* имеет пиявкообразную форму с выраженной присоской на конце тела. У *M. grossa* нет глаз, не выявлены характерные для большинства видов немертин церебральные и

фронтальные сенсорные органы. Немертины до сих пор являются малоизученной группой животных с неясными филогенетическими связями внутри таксона. В этой связи изучение нервной системы их представителей и, в частности, *M. grossa* важно как для выявления новых систематических признаков, так и для понимания закономерностей эволюционного морфогенеза нервной системы и рецепторных органов в целом на примере относительно низко организованных беспозвоночных животных. Целью настоящей работы стало нейрогистологическое, гисто- и иммуноцитохимическое изучение организации периферической и центральной нервной системы *M. grossa*. В работе применены методы импрегнации азотнокислым серебром по Гольджи и Колонье, гистохимические методы выявления катехоламинов и NADPH-диафоразы (NADPHd) - маркера нитроксидергических элементов, а также иммуноцитохимическое выявление FMRFамида.

В периферической нервной системе *M. grossa* наиболее развиты: субэпителиальное сплетение стенки тела, межмышечное сплетение хобота, ринхоцёля, присоски, а также интраэпителиальное сплетение пищеварительного тракта. Рецепторные клетки, отростки которых участвуют в образовании нервных сплетений, представлены интра- и субэпителиальными нейроноподобными клетками открытого и закрытого типов. Аксоны этих клеток самостоятельно или в составе крупных нервов направляются в ЦНС. В районе глотки выявлено значительное скопление интраэпителиальных клеток, от базальной части которых отходят несколько отростков. В гастродермисе наряду с разнообразными цилиндрическими и веретеновидными рецепторными клетками открытого типа выявлены клетки с несколькими чувствительными отростками, оканчивающимися не доходя до поверхности эпителия в его верхней трети. Во всех исследованных отделах тела и органах немертины обнаружены нервные волокна, образующие в эпителии или только в его основании ветвящиеся свободные нервные окончания. Тел клеток, которым могли бы принадлежать эти нервные отростки, в периферической нервной системе обнаружить не удастся. Можно предположить, что они представляют собой отростки нейронов ЦНС. ЦНС *M. grossa* представлена парой церебральных ганглиев с отходящими от них латеральными нервными стволами (ЛНС), идущими каудально до основания присоски. В области клеточных тел ганглиев и ЛНС выявлены достаточно равномерно расположенные униполярные нейроны. Они не образуют оформленных скоплений, их отростки уходят соответственно в обширный нейропиль ганглиев или нейропиль стволов. Часть отростков нейронов ганглиев проходит через комиссуры в соседний ганглий или прослеживается до ЛНС. Отростки нейронов фронтальной части ганглиев выходят через церебральные нервы, иннервирующие различные участки

переднего конца тела немертины. В вентральной комиссуре наряду с нервными отростками обнаружены биполярные нейроны. В нейропиле ЛНС выявляются многочисленные ветвящиеся отростки нейронов области клеточных тел, отдельные мультиполярные и биполярные нейроны, а также отростки нервных клеток, тела которых располагаются в стенке тела и образуют субэпителиальные и межмышечные сплетения.

FMRФамид-иммунореактивностью обладает часть рецепторных клеток стенки тела, стенки ринхоцеля, некоторые интраэпителиальные рецепторные клетки в гастродермисе, клетки эпителия кровеносных сосудов, а также многочисленные нейроны ЦНС немертины. Катехоламинергические клетки выявлены только в незначительном количестве в ЦНС, и несколько больше в стенке тела, хоботе и гастродермисе. Реакцию на NADPHd давали нервные волокна, иннервирующие мускулатуру стенки тела и особенно крупные диагональные мускулы и мускулатуру присоски. Полученные данные свидетельствуют об активном участии у *M. grossa* нитрооксида азота в регуляции работы мускулатуры, как и у других исследованных нами ранее видов немертин (Зайцева, Маркосова, 2007). Катехоламины и FMRФамид используются, по-видимому, у *M. grossa* как в процессах рецепции, так и в обработке информации на уровне ЦНС, причем катехоламины преобладают в периферической нервной системе, а FMRФамид – в ЦНС.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 09-04-00611.

**Корчагина Н.М.** Клонирование и анализ последовательностей 18S рДНК беломорской и североморской популяций полихеты *Nereis virens*

Эрантная полихета *Nereis virens* – типичный представитель беломорской фауны. Описана так же и североморская популяция *Nereis virens*. Беломорские и североморские полихеты значительно различаются размером, окраской, репродуктивным поведением и, по некоторым данным, возрастом достижения половозрелости. Такие серьезные различия заставляют допустить предположение, что эти две популяции могут оказаться различными видами.

В последние годы анализ последовательностей 18S рДНК приобретает все большее значение для молекулярной систематики и филогении. Принято считать, что сиквенс 18S рДНК видоспецифичен. Мы клонировали последовательности 18S рибосомальной ДНК из представителей обеих популяций. Было секвенировано по пять клонов 18S рДНК для каждой из популяций.

Проанализировав полученные данные, мы не обнаружили на протяжении 1940 пар оснований ни единого различия между сиквенсами, полученными из ДНК беломорской и североморской полихеты *Nereis virens*. Полученные результаты позволяют сделать заключение, что, несмотря на внешние (и поведенческие) различия, беломорские и североморские нереисы являются представителями одного вида.

**Обухов Д.К., Королева Т.В., Обухова Е.В., Пущина Е.В.**  
Формирование структуры ЦНС в ранний этап постнатального развития симы *Oncorhynchus masu* Brev.

Развитие ЦНС рыб находится под влиянием как генетических, так и средовых факторов, причем последние оказывают довольно значительное влияние на формирование структурно-функционального стереотипа ЦНС и адаптивные способности мальков (Касимов, 1980; Никоноров, Витвицкая 1993; Обухов и др., 2001, 2006, 2008).

В работе впервые исследован процесс развития основных отделов (конечного и среднего) головного мозга у лосося симы - *Oncorhynchus masu* Brev. (в возрасте 0+ и 1+, а также взрослых особей). У лососевых рыб, являющихся активными хищниками, именно конечный и средний мозг, где сосредоточены центры представительства основных анализаторных систем (обонятельной, зрительной, сомато-сенсорной и др.) являются наиболее важными в функциональном отношении отделами мозга рыб (Обухов и др., 2008; Пущина и др., 2003).

Проводился качественный и количественный нейроморфологический анализ цитоархитектоники гомологичных отделов головного мозга как у мальков симы, выращиваемых в условиях рыбзавода, так и у «диких» мальков. Исследовалась структура и взрослых особей.

Условия содержания молоди на рыбзаводах зачастую сильно отличаются от таковых в естественных условиях, поэтому разработка технологических условий выращивания молоди, способствующих получению более качественного материала для воспроизводства ценных пород рыб, является важной задачей экспериментальной ихтиологии. Конечный мозг взрослой симы имеет достаточно высокий уровень дифференцировки: в его полушариях выделяется до 9 цитоархитектонических зон, несколько уступая в этом отношении горбуше (Обухов и др., 2005). Площадь нейронов в большинстве зон

полушария у самок больше, чем у самца, причем статистически достоверные различия в нейронных популяциях обнаружены в функционально значимых зонах дорсальной области полушария. Средний мозг (тектум) симы имеет типичное слоистое строение и включает в свой состав шесть клеточных и волоконных слоев. В целом, план строения конечного и среднего мозга симы сравним с таковым, характерным для всей группы Лучеперых рыб (Обухов, 1999). Анализ структуры конечного и среднего мозга показал, что мальки симы (как заводские, так и дикие) к возрасту 0+ имеют низкий уровень дифференцировки основных отделов головного мозга (конечного и среднего). Это проявляется как в недостаточной цитоархитектонической дифференцировке полушарий мозга, небольших размерах клеток в зонах мозга, так и в неравномерном росте клеточных популяций в разных зонах полушарий конечного мозга и слоях тектума среднего мозга.

Наши данные показывают, что сравнительные характеристики «заводской» и «дикой» молодежи соответствующего возраста сходны, что говорит об одинаковых темпах развития их ЦНС и свидетельствует о создании на рыбноводном предприятии условий, близких к естественным. К возрасту 1+ дифференцировка конечного мозга усиливается, что выражается в разделении ряда зон паллиума и субпаллиума на подзоны, увеличении общей площади полушарий и средних размеров нейронов в зонах. В среднем мозге проявляется та же тенденция: в возрасте 0+ степень развития тектума низкая, к возрасту 1+ его структура приближается к уровню взрослого мозга (но пока не достигает его). Количественный анализ цитоархитектоники зон полушарий молодежи симы, проведенный с помощью автоматизированных комплексов анализа изображений, показал, что заводские мальки в возрасте 0+ и 1+ уступают по ряду параметров развития конечного и среднего мозга диким малькам того же возраста. В большинстве случаев эти различия минимальны и не отражаются на общем уровне развития мозга.

Таким образом, в работе было показано, что к данному возрасту (1+) процесс формирования ЦНС симы не завершен, создавая основу для адаптивной пластичности ЦНС в дальнейшем. Более того, условия выращивания, созданные на рыбзаводе, способствовали формированию у «заводских» мальков уровня морфо-функциональной организации мозга, сходного с «дикими», что является определенным показателем качества «заводских» мальков.

Работа выполнена при поддержке РФФИ.

**Шапошникова Т.Г., Матвеев И.В.<sup>1</sup>, Адонин Л.С., Лазарева А.В., Подгорная О.В.<sup>1</sup>** Мезоглеин и родственные ему белки из тканей сцифомедузы *Aurelia aurita* – наиболее древние представители ZP-домен-содержащего семейства белков внеклеточного матрикса

<sup>1</sup>Институт Цитологии РАН

Сравнительный анализ структуры и синтеза внеклеточного матрикса (ВКМ) дает информацию о формировании, функциях и эволюции ВКМ. Тип Кишечнополостных представляет одну из интереснейших моделей для такого рода исследований благодаря своему филогенетическому положению. Представители типа – многоклеточные организмы, тело которых состоит из двух эпителиальных слоев: экто- и энтодермы с прослойкой межклеточного вещества (мезоглеи) между ними.

Из мезоглеи взрослой сцифомедузы *Aurelia aurita* был выделен неизвестный ранее белок с молекулярной массой 47кДа, к которому были получены поликлональные антитела (RA45/47). С их помощью на парафиновых срезах тела медузы была определена локализация данного антигена – «эластические» фибриллы и специфические гранулы мезоглеальных клеток и некоторые гранулы в эпидермальных клетках. В составе мезоглеальных клеток был выделен белок с молекулярной массой 80кДа, также связывающий антитела RA45/47 и, скорее всего, являющийся потенциальным предшественником белка 47 кДа.

Белковое секвенирование по Эдману пептидов, полученных из белка 47 кДа трипсинолизом, дало 4 аминокислотных последовательности. Молекулярное клонирование мРНК этого белка позволило получить нуклеотидную последовательность, а теоретическая транскрипция открытой рамки считывания дала гипотетический белок длиной 416 аминокислотных остатков. Сравнение этой последовательности с последовательностями белков, содержащимися в базах данных, показало, что это – новый белок. Мы назвали его мезоглеин. Нуклеотидная последовательность мРНК мезоглеина размещена в GenBank (Accession Number DQ467654). В результате поиска известных доменов в гипотетической аминокислотной последовательности мезоглеина были обнаружены домены Delta/Serrate/Lag-2 (DSL) и Zona Pelucida (ZP), что позволяет отнести мезоглеин к обширному семейству ZP-домен-содержащих белков внеклеточного матрикса. Анализ кладограммы взаимных отношений присутствующих в базах данных 655 ZP-содержащих белков показал, что у большинства организмов присутствуют не единичные ZP-содержащие белки, а их семейства. Безусловно, на настоящий момент открытый нами белок мезоглеин представляется наиболее древним из известных ZP-доменных белков и, вероятно,

является предшественником для всего семейства. Однако это не исключает наличия у *A. aurita* других ZP-домен-содержащих белков.

Из-за того, что мезоглеин оказался ZP-содержащим белком, обратили специальное внимание на оогенез *A. aurita* в попытках обнаружить структуры, подобные Zona Pelucida млекопитающих. Последовательное развитие ооцитов *A. aurita* происходит в нижней части желудка и карманах ротовых лопастей, где образуются углубления, названные выводковыми мешочками. Прикрепление развивающегося ооцита к эпидермальному слою клеток происходит за счет структур, в составе которых выявляются вещества, окрашиваемые антителами к мезоглеину (RA45/47).

Данная структура может оказаться аналогом Zona Pellucida высших позвоночных животных. На ультратонких срезах видно, что описываемая структура становится внеклеточной только на последних этапах созревания ооцита; до этого она представлена внутриклеточными гранулами, которые позже собираются в одну пластинку и выводятся из клетки. Вероятно, данная структура играет немаловажную роль в оплодотворении ооцита. Эта гипотеза подтверждается тем фактом, что на парафиновых срезах гонад обнаружены сперматозоиды, скапливающиеся около структуры анимального полюса зрелого и готового к оплодотворению ооцита. Целью дальнейших работ в данном направлении является выяснение роли обнаруженной структуры контакта у сцифомедузы *Aurelia aurita* в процессе оплодотворения и на ранних стадиях развития.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты №№. 02-04- 49420-а, 05-04-49578-а, 07-04-10086-к.

**Шарлаимова Н.С.,<sup>1</sup> Петухова О.А.<sup>1</sup>** Характеристика субпопуляции клеток целомического эпителия морской звезды *Asterias rubens L.*

<sup>1</sup> Институт цитологии РАН

Восполнение клеточной популяции целомоцитов (ЦЦ) Asteroidea при травмировании происходит достаточно быстро, однако источник и особенности дифференцировки этих клеток до сих пор мало изучены. Одним из предполагаемых источников ЦЦ при значительной потере целомической жидкости (ЦЖ) являются малодифференцированные клетки целомического эпителия (ЦЭ). Проведенный ранее морфологический анализ динамики состава популяции клеток ЦЭ, выделенных методом ферментативной диссоциации, а также анализ их пролиферативной активности, не показал значительных изменений при выделении клеток на разных сроках после экспериментального истощения ЦЖ. Однако

исследования популяций клеток, способных прикрепляться к различным лигандам, показали, что субпопуляция клеток ЦЭ, выделенных от травмированных животных при посадке на ламинин (Лм), обогащена малодифференцированными клетками с высоким ядерно-цитоплазматическим отношением. Кроме того, в процессе ферментативного выделения клеток была обнаружена субпопуляция клеток, слабо связанных с ЦЭ, которые могут быть выделены без дополнительной обработки. В работе проведен сравнительный морфологический анализ суммарного клеточного состава данной субпопуляции клеток и после прикрепления к Лм, а также исследована пролиферативная активность клеток *in vivo* и в условиях *in vitro* при культивировании на Лм.

Эксперименты проводились на базе ББС ЗИН РАН (Кандалакшский залив, губа Чупа, м. Картеш). Звездам (диаметром 10-12 см) отрезали кончик луча, максимально спускали ЦЖ, после чего проводили замещение остатков ЦЖ 10-15 мл морской воды. ЦЭ, снятый с внутренней поверхности лучей звезды, помещали в раствор CMFSS (искусственной морской воды) и после двух отмывок подвергали ферментативной диссоциации коллагеназой. Раствор CMFSS после отмывок содержал субпопуляцию клеток, слабо прикрепленных к ЦЭ. Клетки культивировали в модифицированной среде Лейбовича при +16°C на стеклах, покрытых Лм. Оценку пролиферативной активности клеток проводили методом включения аналога тимидина – бромодезоксиуридина (BrdU).

Показано, что субпопуляция клеток, слабо связанных с ЦЭ, отличалась высоким содержанием малодифференцированных клеток, характеризующихся особой структурой ядра (более 50%). Около 70% клеток, прикрепившихся к Лм, относились к данному типу клеток, причем более 40% из них включали BrdU. При культивировании в течение 10 суток клетки *in vitro* данной субпопуляции образовывали колонии, причем через 12 часов в условиях *in vitro* включения BrdU были обнаружены только в клетках с высоким ядерно-цитоплазматическим отношением, а через 5 суток культивирования также и в дифференцированных клетках.

Таким образом, селекция клеток на Лм позволила выделить субпопуляцию клеток, отчетливо определяющихся морфологически и характеризующихся высокой пролиферативной активностью.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 08-04-10090-к.

*Участники X научной сессии МБС СПбГУ*

<i>Автор</i>	<i>Стр.</i>	<i>Автор</i>	<i>Стр.</i>
Адонин Л.С.	68	Маркосова Т.Г.	63
Алексеева Н.В.	34	Маслов Ю.И.	57
Алешина Г.М.	7	Матвеев И.В.	68
Барабанова Л.В.	13	Меньшенин А.В.	7
Баринова К.В.	57	Мухина Ю.И.	62
Билова Т.Е.	58	Назарова С. А.	25
Борисенко И.Е.	60	Нефедова Е.А.	43
Гагаринова Н.Г.	49	Никитин О.М.	49
Генельт-Яновский Е. А.	25	Обухов Д.К.	66
Герасимова А.В.	15	Обухова Е.В.	66
Гимельбрант Д.Е.	11	Овчинникова Т.В.	7
Головина Е.О.	11	Петров С.А.,	63
Гонобоблева Е.Л.	43, 62	Петухова О.А.	69
Даугавет М.А.	35	Подгорная О.В.	68
Ересковский А.В.	60	Полякова Н.В.	29
Ершов П.Н.	17	Попов В.А.	19, 37, 44, 45, 51
Ефимова Л.Н.	51	Попова О.С.	47
Ефремова С.М.	62	Примаков И.М.	23
Зайцева О.В.	63	Пущина Е.В.	66
Иванов М.В.	21, 27	Раилкин А.И.	45, 49, 51, 54
Иванова Т.С.	19, 37, 44	Савельев Ю.В.	51
Кокряков В.Н.	7	Сафина Д.А.	51
Комлев А.В.	7	Серов В.Г.	51
Королева Т.В.	66	Смагина Д.С.	27
Корчагина Н.М.	65	Смуров А.О.	47
Краснодембская А.Д.	7	Старков А.И.	29
Краснодембский Е.Г.	37, 44	Старунов В.В.	53
Кругликов О.Е.	21	Тараховская Е.Р.	57, 58
Кузнецова Е.А.	23	Тихомиров И.А.	43, 53
Кузнецова Е.К.	15	Филиппова Н.А.	15, 31

<i>Автор</i>	<i>Стр.</i>	<i>Автор</i>	<i>Стр.</i>
Кузьмин А.А.	39, 40	Фокин М.В.	39
Кулева Н.В.	8	Футикова Т.И.	62
Кутчева И.П.	23	Хайтов В.М.	40
Кучеров И.Б.	11	Халаман В.В.	35
Лаврова О.Б.	53	Хлебович В.В.	47
Лазарева А.В.	68	Чепинога В.В.	11
Лайус Д.Л.	19	Чернова Е.Н.	23
Магомедова З.М.	13	Чикадзе С.З.	49, 51, 54
Максимов А.И.	11	Шапошникова Т.Г.	68
Максимова Т.А.	11	Шарлаимова Н.С.	69
Максимович Н.В.	31	Шатских Е.В.	19, 44
Мальцева А.Л.	7	Шилова О.А.	51
Маньлов О.Г.	42	Шульман Б.С.	37, 44