

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

IX НАУЧНАЯ СЕССИЯ  
МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

8 февраля 2008 г.

## ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Санкт-Петербург  
2008

Оргкомитет IX сессии МБС СПбГУ от лица всех участников благодарит руководство и сотрудников Биолого-почвенного факультета и Морской биостанции Санкт-Петербургского государственного университета за помощь и поддержку при проведении исследовательских работ и самой сессии.

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

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

IX научная сессия МБС СПбГУ. Тезисы докладов. СПб., 2008. 80 с.

Редакторы: А.И.Раилкин, И.А.Стогов.

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 произошёл ряд позитивных перемен в материально-техническом оснащении 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 девятой по счету, сессии приняли участие более 100 человек, универсантов и гостей, представившие доклады по актуальным направлениям современной биологии. Более половины участников – бакалавры, магистры и аспиранты. 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 счит возможным указывать место работы только наших коллег из других учреждений.

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

## Содержание

<i>Биохимия</i>	
<b>Кулева Н.В.</b> Окислительная модификация актина беломорской мидии ( <i>Mytilus edulis</i> ) как показатель загрязнения водной среды	7
<i>Ботаника</i>	
<b>Сказина М. А., Гимельбрант Д.Е.</b> Лишайники плавника Кандалакшского залива Белого моря и Баренцева моря в районе поселка Дальние Зеленцы	8
<i>Генетика</i>	
<b>Чунаев А.С., Барабанова Л.В., Дукаревич М.М., Магомедова З.М., Белявская А.Я., Вершинина А.О.</b> Эколого-генетический мониторинг прибрежных биотопов Чупинской губы Белого моря	10
<i>Гидробиология, Ихтиология</i>	
<b>Андерсон Е.А., Спетницкая Н.А., Мовчан Е.А.</b> Структурные характеристики планктонных и донных ценозов реки Кереть	11
<b>Андреев В.М., Мовчан Е.А.</b> Ассоциации макрофитов малых лесных озер побережья Белого моря	13
<b>Анциулевич А.Е., Максимович Н.В.</b> Первая в мире атомная электростанция будет плавать в Белом море (взгляд гидробиолога)	14
<b>Герасимова А.В., Ивонина Н.Ю.</b> Линейный рост двустворчатых моллюсков <i>Mytilus edulis</i> L. как отражение биотопических условий в литоральной зоне в районе Керетского архипелага (Кандалакшский залив, Белое море)	18
<b>Задевалова М.И., Березина Н.А.</b> Питание литоральных видов бокоплавов в районе Керетского архипелага (Кандалакшский залив, Белое море)	20
<b>Зимарева Л.Б., Отставная Е.Г., Фатеев Д.А., Чужекова Т.А., Шатских Е.В., Иванова Т.С.</b> Структура популяции трехиглой колюшки <i>Gasterosteus aculeatus</i> L. в озере Горелое	21
<b>Иванова Т.С., Лайус Д.Л.</b> Роль ошибок измерения в анализе морфологических признаков, традиционно используемых в ихтиологии	22
<b>Иванюкович А.А., Полякова Н.В.</b> Пространственно-временная неоднородность структурных показателей зоопланктона литоральной ванны в проливе Сухая Салма	24
<b>Кругликов О.Е., Иванов М.В.</b> К вопросу о важности опад культивируемых мидий для бентосных сообществ	25
<b>Кузнецова Е.К., Герасимова А.В., Максимович Н.В., Иванов М.В.</b> Пространственное распределение макрозообентоса в пределах локального участка верхней сублиторали в районе Керетского архипелага (Белое море)	27
<b>Лайус Д.Л., Иванова Т.С.</b> Оценка численности колюшки в Кандалакшском заливе Белого моря	29
<b>Мосягина М.В., Отставная Е.Г., Иванова Т.С.</b> Об особенностях оогенеза трехиглой колюшки ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> L.) Белого моря	30
<b>Отставная Е.Г., Зеленников О.В.</b> К вопросу о динамике резервного фонда половых клеток у молоди горбуши	31
<b>Полякова Н.В., Анциулевич А.Е.</b> Зоопланктон приустьевой части Двинского залива Белого моря	32
<b>Спетницкая Н.А., Гогорев Р.М., Иванов М.В.</b> Качественный анализ фитопланктона в воде и желудках мидий	33

<b>Старков А.И., Полякова Н.В.</b> Влияние солености на зоопланктон литоральных наскальных ванн Керетского архипелага Белого моря	34
<b>Стрелков П.П., Католикова М.В., Лайус Д.Л., Андреев В.М., Федюк М.Л.</b> Дискриминация беломорских мидий <i>Mytilus edulis</i> L. и <i>M. trossulus</i> Gould.	36
<b>Стогов И.И., Стогов И.А.</b> Структурно-функциональные характеристики макрозообентоса и роль личинок Sialidae (Insecta, Megaloptera) в сообществах зарослевой литорали малых озер Карельского побережья Белого моря	37
<b>Фатеев Д.А., Стогов И.И.</b> Сапробиологический анализ структуры зообентоса и качество воды реки Летняя (Карельский берег Белого моря)	38
<b>Чернова Е.Н., Примаков И.М.</b> К вопросу о пространственно-временной неоднородности в распределении зоопланктона Керетской губы Кандалакшского залива Белого моря	39
<i>Зоология беспозвоночных</i>	
<b>Братова О.А.</b> Находка в Белом море: новый вид рода <i>Henricia</i> (Echinodermata, Asteroidea) или внутривидовая изменчивость?	41
<b>Вишняков А.Э., Ересковский А.В., Кутерницкая Е.А.</b> Симбиотические бактерии беломорской губки <i>Halisarca dujardini</i> и их влияние на морфогенетические процессы этой губки	42
<b>Дробышева И.М.</b> Сравнительное исследование цилиогенеза у турбеллярий из двух таксонов	44
<b>Генельт-Яновский Е.А., Назарова С.А., Кобылков Д.С.</b> Закономерности в распределении некоторых видов макробентоса литорали Мурманского побережья Баренцева моря: агрегации или градиенты?	45
<b>Грачева Ю.А., Гранович А.И., Михайлова Н.А.</b> Анализ частоты межвидовых спариваний в копулирующих парах морских гастропод рода <i>Littorina</i> комплекса "saxatilis"	47
<b>Крапивин В.А., Бахмет И.Н., Лезин П.А.</b> Влияние симбиотической немуртины <i>Malacobdella grossa</i> (Muller, 1776) на сердечную ритмику и вододвигательную активность двустворчатого моллюска <i>Arctica islandica</i> (L)	48
<b>Краснодембская А.Д., Овчинникова Т.В., Алешина Г.М., Мальцева А.Л., Кокряков В.Н., Краснодембский Е.Г.</b> Анализ экспрессии генов антибиотических пептидов полихеты <i>Arenicola marina</i> - ареницинов	49
<b>Кузнецов И.А., Корсун С.А.</b> Бентосные фораминиферы Белого моря: выбор субстрата и прижизненное положение	51
<b>Левакин И.А., Исакова Л.П.</b> Различия во взаимодействии церкарий <i>Himasthla elongata</i> со вторыми промежуточными хозяевами ( <i>Mytilus edulis</i> и <i>Macoma baltica</i> )	52
<b>Мальцева А.Л., Алешина Г.М., Краснодембская А.Д., Кокряков В.Н., Краснодембский Е.Г.</b> ArFln-1 – антимикробный пептид из целомоцитов морской звезды <i>Asterias rubens</i>	54
<b>Мальцева А.Л., Кокряков В.Н., Краснодембский Е.Г.</b> Фагоцитарная активность целомоцитов морской звезды <i>Asterias rubens</i> и влияние на нее антимикробного пептида ArFln-1	55
<b>Маньлов О.Г.</b> Изучение мускулатуры брюхоресничных червей (Gastrotricha) методом флюоресцентной микроскопии	57
<b>Паскерова Г.Г.</b> Низшие споровики полихет Белого моря	58
<b>Попова О.С., Хлебович В.В., Смуров А.О.</b> Разработка тест-системы для биотестирования солоноватых вод	61

<b>Раилкин А.И.</b> Турбулентность придонного слоя губы Чупа и ее влияние на формирование и функционирование бентосных сообществ	<b>62</b>
<b>Раилкин А.И., Чикадзе С.З., Гагарина Н.Г.</b> Некоторые итоги работы ЦКП «Морской аквариальный комплекс»	<b>64</b>
<b>Фатеев А.Э., Никулинский Д.А.</b> Ресурсодобывающее поведение трёх видов полихет-фабрициин (Sabellidae, Fabriciinae), обитающих в акватории Керетского архипелага Белого моря	<b>65</b>
<b>Хайтов В.М., Горных А.Е., Каменева М.О., Сарафанникова Т.Е.</b> Влияние мидий на рост нитчатых водорослей	<b>67</b>
<i>Физиология и биохимия растений</i>	
<b>Тараховская Е.Р., Маслов Ю.И.</b> Специфика усвоения маннита у <i>Fucus vesiculosus</i> L. и <i>Ascophyllum nodosum</i> (L.) Le Jolis (Phaeophyta)	<b>68</b>
<b>Тараховская Е.Р., Маслов Ю.И., Раилкин А.И.</b> Рост и морфогенез эмбрионов <i>Fucus vesiculosus</i> L. (Phaeophyta) в условиях МАК при разном гидродинамическом режиме	<b>70</b>
<i>Цитология, Гистология, Эмбриология</i>	
<b>Адонин Л.С., Шапошникова Т.Г.</b> Структура анимального полюса ооцита сцифоидной медузы <i>Aurelia aurita</i>	<b>71</b>
<b>Гонобоблева Е.Л.</b> Базальный аппарат хоаноцита губки <i>Halisarca dujardini</i> (Demospongiae, Halisarcida)	<b>72</b>
<b>Зайцева О.В., Петров С.А.</b> Исследование структурной организации периферической и центральной нервной системы беломорской немертины <i>Lineus ruber</i>	<b>73</b>
<b>Костюченко Р.П.</b> Клонирование гомолога <i>dpp</i> дрозофилы у беломорской полихеты <i>Nereis virens</i>	<b>75</b>
<b>Краус Ю.А., Родимов А.А.</b> Эмбриональные морфогенезы книдарий Белого моря: объект учебных и научных исследований	<b>76</b>
<b>Лазарева А.В., Шапошникова Т.Г.</b> Выявление структур, связывающих антитела к мезоглеину, на ранних стадиях развития сцифомедузы <i>Aurelia aurita</i> (Cnidaria)	<b>77</b>
<b>Шарлаимова Н.С., Петухова О.А.</b> Анализ адгезивных свойств клеток целомической жидкости и целомического эпителия морской звезды <i>Asterias rubens</i> L. на ранних сроках заживления раны	<b>78</b>

**Кулева Н.В.** Окислительная модификация актина беломорской мидии (*Mytilus edulis*) как показатель загрязнения водной среды

Наиболее чувствительными биомаркерами загрязнения окружающей среды являются молекулярные биомаркеры, такие как ферменты биотрансформации ксенобиотиков или антиоксидантные ферменты, однако их чувствительность зависит от механизма действия загрязнителя. Поэтому необходим поиск новых биомаркеров, достаточно универсальных и с хорошей чувствительностью. Новые возможности для такого поиска открывает протеомика, появившаяся в ходе развития молекулярной биологии. Термин “протеом”, обозначающий белковый комплемент генома, впервые прозвучал в 1994 году. Роль современной протеомики может быть определена как интегральный анализ функционального состояния генома на уровне белковых продуктов генной экспрессии, включающий их посттрансляционные модификации. Современная методология позволяет анализировать белковые продукты в количестве, приближающемся к числу генов, и выбирать наиболее чувствительные и специфичные биомаркеры для того или иного вида загрязнений среды. Стратегию протеомных исследований можно представить в виде ряда последовательных шагов, ключевые позиции среди которых занимают метод разделения белков посредством двухмерного электрофореза (в горизонтальном направлении - по изоэлектрической точке, в вертикальном - по молекулярной массе) и идентификации их с помощью масс-спектрометрии. Изучение изменений в профилях экспрессии позволяет установить молекулярные мишени и механизмы действия поллютантов.

Для исследования загрязнения морских экосистем в качестве биоиндикаторного организма часто используют двустворчатых моллюсков. В работе испанских исследователей (Rodriguez-Ortega et al., 2003), методы протеомики были применены для оценки изменений экспрессии белков *Chamaelelea gallina* при выдерживании этих моллюсков в течение семи дней в среде с поллютантами. Из моллюсков были получены цитозольные фракции, они были разделены двумерным электрофорезом и среди пятен на электрофореграмме были выделены те, которые отсутствовали в контрольных пробах, и те, которые отсутствовали в опытных пробах. Некоторые из соответствующих этим пятнам белков были идентифицированы с помощью масс-спектрометрии и оказалось, что загрязнители влияют на экспрессию белков, относящихся к цитоскелету: актина, тропомиозина и лёгкой цепи миозина. Поскольку в наших предыдущих исследованиях было показано, что при многих патологических состояниях организма происходит окисление актина, обусловленное окислительным стрессом, то мы решили проверить, не происходит ли аналогичное модифицирование актина моллюсков при выдерживании их в среде, загрязнённой ионами меди в концентрации 1 мг/л. Из беломорских мидий *Mytilus edulis* (любезно предоставленных А.И. Раилкиным в Морском Аквариальном Комплексе

БиНИИ) были приготовлены препараты актина. Эти препараты были разделены методом электрофореза (Laemmli, 1979) и окисленный (карбонилированный) актин был идентифицирован методом иммуноблоттинга с антителами к динитрофенолу. Таким образом, в воде, содержащей ионы меди, имеет место карбонилирование актина как один из вариантов его окислительной модификации. Другими вариантами могут быть окисление SH-групп, образование битиразиновых сшивок, окислительная модификация триптофана. Представленные данные показывают, что методами протеомики можно выявить новые молекулярные маркеры, каковым является актин, и что изучение пост-трансляционных модификаций белков является полезным для биоиндикации загрязнения водной среды.

## Ботаника

**Сказина М. А., Гимельбрант Д.Е.** Лишайники плавника Кандалакшского залива Белого моря и Баренцева моря в районе поселка Дальние Зеленцы

В зоне литорали и супралиторали северных морей существует необычный субстрат для поселения лишайников – так называемый плавник (древесина, попавшая в море и выброшенная на литораль). В виду специфичности условий обитания, на плавнике могут селиться лишайники из разных эколого-субстратных групп. Особенно интересно изучение лишайников, для которых плавник является основным субстратом для поселения. Выявление различий в видовом составе и встречаемости лишайников на плавнике двух морей (с учетом разрушенности древесины) и стало основной целью данной работы. Ранее исследования видового состава лишайников на плавнике на Белом море проводились только на Керетском архипелаге (Гимельбрант, Кузнецова, 2003; Himelbrant, Kuznetsova, 2003).

Всего было исследовано 45 бревен на островах Ряжков и Вороний Кандалакшского залива Белого моря в 2006-2007 годах (обнаружено 52 вида лишайников) и 32 бревна на острове Жилом и материковом побережье Баренцева моря в районе поселка Дальние Зеленцы в 2007 году (обнаружено 64 вида). Общий список включает 84 вида, 31 – общие для двух территорий. Коэффициент Жаккара показывает 36,9% сходства, а Стюгнена-Радулеску – 0,57 (показатель различия), что говорит о невысоком уровне сходства списков видов и значительной роли случайных видов. На плавнике Белого и Баренцева морей было встречено всего 3 вида лишайников (5,8% и 4,7% от общего количества всех видов), для которых плавник является одним из немногих субстратов. Это *Caloplaca fraudans* (Th. Fr) H. Olivier, *Lecanora orae-frigidae* R. Sant и *Xylographa opegraphella* Nyl. ex Rothr. На Баренцевом море *X. opegraphella* и *L. orae-frigidae* – наиболее обычные виды (встречаемость 71,9 и 59,4%), в то время как на Белом море первое место по встречаемости занимает *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl. (64,4%), *L. orae-frigidae* – второе (46,7%), *X. opegraphella* – десятое (15,6%). Значительно различается встречаемость *C. fraudans* – на Баренцевом море этот лишайник



не редок (заселяет 31,3% бревен), тогда как на Белом море отмечен лишь один раз (2,2%). Представляется естественным, что в Кандалакшском заливе Белого моря в пределах таежной зоны на плавнике преобладает листоватый лесной эврисубстратный лишайник *P. ambigua*, который способен вытеснять накипные виды. На Баренцевом море, побережье которого находится в зоне тундры, условия для обитания лесных видов менее благоприятны и накипные специфичные для плавника лишайники находятся в более выгодных условиях.

Эпиксильные виды лишайников на плавнике обоих морей вносят наибольший вклад в лишенофлору. Значителен вклад эпигейных и эпифитных видов. Чуть меньший вклад вносят эпилиты, меньше всего на плавнике обоих морей эпибриофитных лишайников. На плавнике Белого моря обнаружено 6 эпилитных видов, каждый из которых встречен только 1-2 раза, в то время как на Баренцевом выявлено 11 эпилитов (в том числе представители рода *Umbilicaria*), причем некоторые из типично эпилитных видов встречены на 12,5-25% бревен. Возможно, это связано с тем, что обогащение морской солью на Баренцевоморском побережье выше в связи с большей соленостью поверхностных морских вод и плавник именно там больше подходит для поселения эпилитных видов. На плавнике обнаружено 7 видов орнитокопрофильных лишайников, встречаемость которых была очень низкой в обоих районах исследований.

Исследование особенностей заселения бревен разной степени разрушенности показало, что на Белом море с ростом степени разрушенности древесины увеличивалось количество видов преимущественно за счет увеличения разнообразия представителей рода *Cladonia* и некоторых накипных лишайников. Поскольку бревно разрушается неравномерно, оно местами становится подходящим для заселения напочвенными кустистыми видами, местами остается благоприятным для накипных. На бревнах всех степеней разрушенности по встречаемости лидирует *P. ambigua*. На Баренцевом море бревна высокой степени разрушенности встречаются редко (вероятно раньше на материковом побережье их собирали в качестве топлива) и представлены преимущественно на о. Жилом. На о. Жилом среднее количество видов на одном бревне  $10,22 \pm 1,36$ , а на материке –  $6,57 \pm 0,76$ , что вероятно связано с более длительным экспонированием бревен на острове. На Белом море в среднем на бревне встречается  $6,2 \pm 0,6$  видов, что, вероятно, также связано с использованием бревен в качестве топлива. На Баренцевом море на бревнах всех степеней разрушенности доминируют специфичные для плавника виды. С ростом степени разрушенности древесины видовое разнообразие также возрастает, однако на бревнах высокой степени разрушенности в целом обнаружено меньше видов, чем на бревнах средней разрушенности, что связано с редкой встречаемостью первых.

Таким образом, при общем невысоком уровне сходства списков видов на плавнике для обоих морей характерно преобладание выходцев из одних и тех же эколого-субстратных групп; кроме того, с повышением степени

разрушенности бревен прослеживается увеличение числа обитающих на них видов. На Баренцевом море отмечена более высокая встречаемость эпилитов и доминирование специфичных для плавника видов, тогда как на Белом море доминирует лесной вид *P. ambigua*.

## Генетика

**Чунаев А.С., Барабанова Л.В., Дукаревич М.М., Магомедова З.М., Белявская А.Я., Вершинина А.О.** Эколого-генетический мониторинг прибрежных биотопов Чупинской губы Белого моря

Комплексный ландшафтный или бассейновый мониторинг на основе разработки методов биотестирования и биоиндикации необходим для прогнозирования и предотвращения генетических, медицинских и демографических последствий загрязнения окружающей среды. Это побуждает исследователей к поиску новых тест-объектов для биотестирования, к изменению отношения к широко распространённым видам животных, растений и водорослей, к поиску признаков и критериев, чувствительных к антропогенным воздействиям. Участие в работе МБС СПбГУ позволило нам в течение ряда лет проводить изучение внутривидовой изменчивости двух представителей флоры и фауны, широко распространённых на литорали губы Чупа Белого моря, – равноногих рачков *Jaera albifrons* и бурых водорослей *Fucus vesiculosus*. У *J.albifrons* оценивали частоту хромосомных aberrаций как показатель наследственной изменчивости, у *F.vesiculosus* – вегетативный прирост таллома и длину рецептакул как показатель модификационной изменчивости. Сбор материала производили во время отлива на литорали побережья Белого моря в местах, отличающихся по типу литорали, прибойности, субстрату поселения, солёности воды, загрязнённости нефтепродуктами, радиационному фону.

Наибольшая частота хромосомных aberrаций 19% у *J.albifrons* была отмечена нами в бухте Ноговица, в акватории которой зарегистрировано значительное загрязнение воды нефтепродуктами. Высокая частота хромосомных aberrаций 13% у *J.albifrons* была характерна как для пресноводного устья реки Кереть, так и для побережья пролива Узкая Салма (12%), для которого также характерно значительное опреснение эстуария водами реки Кереть.

При оценке модификационной изменчивости у бурой водоросли *F.vesiculosus* учитывали, что таллом претерпевает дихотомические ветвления, в результате чего при наступлении половозрелости развиваются парные рецептакулы. Отклонения от симметрии в их развитии могут служить показателем негативного действия факторов среды. В июле 2007 года мы измеряли длину каждой из двух парных рецептакул и вегетативный прирост (длину веточки, общей для обеих рецептакул, измеренной вдоль центральной жилки), а также определяли пол растений. Длины парных рецептакул во всех изученных биотопах продемонстрировали положительную корреляцию, однако значения

коэффициента корреляции в экологически отличных биотопах в ряде случаев достоверно различались между собой.

Так, коэффициенты корреляции парных рецептакул *F. vesiculosus* в бухте Ноговица (0,69 для мужских и 0,68 для женских особей) были достоверно ниже таковых, рассчитанных по данным измерений на литорали острова Средний в проливе Узкая Салма (0,88 и 0,91 соответственно). Следует отметить, что в бухте Ноговица были зарегистрированы аномалии развития, при которых вместо двух парных рецептакул развивалась одна, а на месте второй развивался вегетативный побег. Минимальное значение коэффициента корреляции 0,57 зарегистрировано для женских особей, произраставших у берега материка в губе реки Кереть при нулевой солёности. Влияние опреснения сказывалось, кроме того, на соотношении полов у *Fucus vesiculosus* в биотопах эстуария реки Кереть. Во всех остальных местах сбора, характеризовавшихся большей солёностью, доля женских особей превышала долю мужских.

Можно предположить, что обнаруженные нами нарушения митотических делений у *J.albifrons* и дихотомических ветвлений у *F. vesiculosus* в биотопе бухты Ноговица опосредованы генетическими и эпигенетическими эффектами антропогенных воздействий.

Гидробиология, Ихтиология

**Андерсон Е.А., Спетницкая Н.А., Мовчан Е.А.** Структурные характеристики планктонных и донных ценозов реки Кереть

Река Кереть берет свое начало в оз. Петриярви в северной Карелии и впадает в Керетскую губу Кандалакшского залива Белого моря. По своей длине (80 км) она относится к малым рекам, наиболее многочисленным на севере Европейской части России. Целью работы было описание структурных характеристик биоты нижнего течения р. Кереть. Работы проводили в 2004–2007 гг. на участке реки протяженностью 9 км от рудника «Климовская» до места впадения в Керетскую губу Белого моря.

Планктонные и бентосные сообщества сформированы широко распространенными формами, обычными для рек и озер Карелии. В фитопланктоне за период исследований обнаружено более 70 видов и разновидностей водорослей, на долю Bacillariophyta приходилось около 80%, Chlorophyta – 13%, Chrysophyta, Cyanophyta и Dinoflagellata по 1,5%. Из встреченных видов лишь 26% являются истинно планктонными. Характерной чертой фитопланктона Керети и других рек бассейна Белого моря является постоянное присутствие случайных форм - 24% отмеченных в нижнем течении р.Кереть форм водорослей были бентосными, 19% - перифитонно-бентосными. По видовому составу фитопланктона исследованную часть реки можно разделить на речной и устьевой участки - из 44 видов организмов фитопланктона, отмеченных в 2005 г., на речном

участке обнаружено 30. Ниже Керетского морского порога происходит резкое обеднение видового состава (до 18 видов), с существенным увеличением его (до 41 вида) в устьевом участке за счет 14 форм, не отмеченных выше по течению (пополнение происходит как за счет солоноватоводных и морских, так и за счет пресноводных водорослей).

Основу фитопланктона на речном и устьевом участках Керети составляют диатомовые. В августе на обоих участках идет увеличение роли зеленых и сине-зеленых водорослей. На устьевых станциях выражена роль золотистых водорослей, особенно хорошо заметная в первой половине июля. Численность фитопланктона за период исследований изменялась от 5 до 122 тыс.кл/л (в среднем  $60 \pm 10$  тыс.кл/л), биомасса – от 25 до 810 мг/куб.м (в среднем  $230 \pm 60$  мг/куб.м).

В составе зоопланктона обнаружено 44 вида (Rotifera - 8, Cladocera - 23, Copepoda – 13). Ведущая роль принадлежит ветвистоусым ракообразным, особенно сем. Chydoridae, преимущественно планктобентосным формам. Основу сообществ зоопланктона составляли представители озерного комплекса, характерные для зарегулированных озерами рек (*Kellicottia longispina*, *Bosmina longirostris*) и зарослево-прибрежные виды (*Polyphemus pediculus*, *Scapholeberis mucronata*, *Acroperus harpae*, *Alonopsis elongata*). По структуре сообщества зоопланктона можно говорить о трех участках: речном, озерном и предустьевом (таблица). На речном и озерном участках доминировали ветвистоусые рачки, причем на озерных станциях на их долю приходилось более 90% численности и биомассы. Ниже Керетского порога происходит резкое обеднение видового состава, снижается роль ветвистоусых ракообразных, появляются веслоногие ракообразные *Oithona similis*, характерные для прибрежных распресненных участков Белого моря.

Таблица. Количество видов (D), численность (N экз./куб. м) и биомасса (B мг/куб. м) зоопланктона нижнего течения реки Кереть.

Участок реки	показатель	Rotifera	Cladocera	Copepoda	Всего
речной	D	5	19	8	32
	N	850	1642	650	3143
	B	0,97	65,86	7,11	73,95
озерный	D	6	17	8	31
	N	22	2272	15	2310
	B	0,05	75,23	0,33	75,61
предустьевой	D	3	9	6	18
	N	46	18	45	109
	B	0,10	0,51	1,30	1,91

В целом численность зоопланктона низка и изменялась от 30 до 170 экз./куб.м (в среднем  $110 \pm 30$  экз./куб.м), биомасса – от 0,13 до 2,0 мг/куб.м (в среднем  $0,8 \pm 0,3$  мг/куб.м).

В донных сообществах из 34 форм, отмеченных в нижнем течении Керети, 17 относится к сем. Chironomidae. По данным 2005 г. выделена группа организмов, которые характеризуются наибольшей встречаемостью и обилием: это *Chironomus anthracinus*, *Sphaerium sp.* и малощетинковые черви сем. Tubificidae. Кроме того, в Керети отмечены формы, составляющие основу хирономидного комплекса крупных озер Карелии - личинки родов *Procladius*, *Polypedilum*, *Stictochironomus*, впрочем, не достигающих здесь высокой численности. Наибольшее количество видов отмечено на зарослевых станциях оз. Заборное (16 форм), наименьшее – на устьевой станции (2 формы - личинки *Paratanytarsus confusus* и олигохеты сем. Tubificidae). Численность макрозообентоса изменялась от 960 до 3940 экз./кв.м (в среднем  $1920 \pm 550$  экз./кв.м), биомасса – от 68 до 275 мг/кв.м (в среднем  $135 \pm 42$  мг/кв.м).

**Андреев В.М., Мовчан Е.А.** Ассоциации макрофитов малых лесных озер побережья Белого моря

Малые озера составляют половину площади водоемов Северо-Запада. До 60% первичной продукции в таких водоемах образуют макрофиты (Распопов, 1985). К сожалению, обычно им уделяется не достаточно внимания.

На основе исследований, проведенных в августе 2005-2006 гг. на 11 озерах Карельского побережья Белого моря, было выделено 29 ассоциаций макрофитов. Более половины из них (16) – одновидовые. Преобладание одновидовых ассоциаций можно объяснить, прежде всего, сложившимся комплексом факторов. Одним из этих факторов является гумификация и связанные с ней оптические и химические свойства воды. Низкие величины прозрачности воды, содержания растворенного кислорода и рН, характерные для озер данного типа, откладывают свой отпечаток на обитающую в них флору (Герд, 1961). Примером может служить редкая встречаемость и незначительная биомасса кувшинки белой и рдестов, которые, по литературным данным, предпочитают рН более 6,8.

Существенное значение на развитие водной растительности оказывают площадь литорали и характер нарастания глубины, т.е. угол наклона дна (профиль озерной котловины). Резкое нарастание глубины непосредственно от берега не способствует зарастанию (Волкова, 1968). При отмеченной нами прозрачности воды от 1,2 до 4,4 м можно ожидать распространения макрофитов от 3 до 12 м. В исследованных озерах макрофиты достигали глубины 3 метров (в среднем 1,5 м) и распространялись от уреза воды на расстояние от берега от 1 до 27 м. При уклоне от  $3^\circ$  до  $28^\circ$ , протяженность зарослей макрофитов составляла 12-27 метров от уреза воды, а при уклоне от  $32^\circ$  до  $83^\circ$  – 1-9 м. Ограничение распространения макрофитов связано не с

условиями проникновения света, а со степенью уклона дна: резкое увеличение крутизны склона делает дальнейшее существование макрофитов невозможным.

Наибольшее разнообразие ассоциаций (17) отмечено для оз. Заборного, представляющего из себя расширение р. Кереть. Вероятно, это обусловлено значительной площадью литорали, более разнообразными, по сравнению с другими исследованными озерами, грунтами, благоприятными для зарастания, и наличием выраженного течения, обеспечивающего благоприятный газовый режим. Это же справедливо для Нижней ламбы оз. Летнего и оз. Тростяного, где отмечено по 15 ассоциаций.

Таблица. Типичные ассоциации макрофитов исследованных водоемов.

Ассоциации	Ниж. Старушечье	Кривое	Ниж. Летняя ламба	Верх. Летняя ламба	Ниж. Летнее	Горелое	Никольская ламба	Заборное	Тростяное	Малое Черливое	Большое Черливое
<i>Nupharetum lut. purum</i>	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nunpharetum sparganiosum</i>						+	+	+	+	+	+
<i>Meanthetum trif. purum</i>			+	+	+	+		+	+	+	
<i>Menyanthetum aqui-herbosum</i>	+		+			+		+			
<i>Menyanthetum cariosum</i>	+		+	+		+		+	+		+
<i>Caricetum ac. purum</i>	+	+	+	+		+					
<i>Caricetum equisetosum</i>			+	+	+			+			+
<i>Sphagnetum cariosum</i>			+	+			+		+	+	
<i>Potamogetonum perfol. purum</i>	+	+	+	+			+	+	+		
<i>Sparganietum purum</i>	+		+	+				+	+	+	+
<i>Equisetetum fl. purum</i>	+	+	+	+	+			+	+		+

Для исследованных озер доминирующими являются ассоциации кубышки желтой, вахты трехлистной, ежеголовника простого, хвоща речного, рдеста пронзеннолистного и различные осоковые ассоциации. Другие ассоциации менее представлены, занимают малые площади и не играют значимой роли в биотическом балансе этих озер. Наиболее типичные для исследованных озер ассоциации представлены в таблице.

**Анцулевич А.Е., Максимович Н.В.** Первая в мире атомная электростанция будет плавать в Белом море (взгляд гидробиолога)

Россия – одна из немногих стран, строящих «под ключ» атомные электростанции (АЭС) и производящих суда с атомными силовыми установками. Россия же отличается наибольшей длиной береговой линии и

шельфа, площадями омывающих ее морей и континентальных водоемов. При этом огромные площади страны относятся к тому, что принято называть «удаленными районами Крайнего Севера и Дальнего Востока», а на языке энергетиков и экономических географов – «зоной децентрализованного энергоснабжения». Эта экономическая зона занимает около 2/3 территории России. Численность населения и уровень жизни в ней в значительной степени зависят от энергообеспечения поселков и производств. С другой стороны, эта зона обладает уникальными запасами полезных ископаемых, добыча которых сдерживается или сворачивается из-за недостатка энерговооруженности.

В этих условиях малая атомная энергетика может стать основой создания децентрализованных систем энергообеспечения. В России сегодня для использования малой атомной энергетике нового поколения перспективны Северный морской путь, Чукотка, район БАМа, Приполярный Урал, нефтегазовые месторождения Восточной Сибири и Дальнего Востока (в т.ч. шельфовые), крупные океанические острова. АЭС также могут работать как мощные опреснительные установки, что значительно расширяет область применения и географию их использования.

Не удивительно, что именно в России родился проект первых в мире плавучих атомных тепловых электростанций (ПАТЭС) и началось формирование нормативных документов для их строительства, установки и эксплуатации, в том числе, экологического сопровождения работ.

Согласно принятого на высшем уровне решения, первый опытный образец ПАТЭС малой мощности будет установлен в Белом море в устьевой области р. Северной Двины (Двинский залив), что обусловлено внутренним положением моря, наличием подходящей промышленной инфраструктуры и энергетическими потребностями региона. Единоновременно возникает и находится в разработке целый ряд технологических и экологических проблем, таких как определение общих универсальных условий установок и эксплуатации ПАТЭС, выбор оптимальных по экологической безопасности расположений ПАТЭС в водоемах и водотоках различных типов, оценка специфики водоемов различного типа и изменений связанных с этим экологических рисков, разработка программ по экологическому сопровождению ПАТЭС, оценка биологических помех для ПАТЭС и составление прогнозов сукцессий водных экосистем. Большинство этих задач решается аналитическими методами с использованием уже имеющихся данных.

Атомные электростанции, выделяя при работе много тепла, требуют интенсивного теплообмена с окружающей средой и эффективных систем охлаждения, где рабочим телом служит природная вода. Дополнительный нагрев сбросных вод внешнего охлаждающего контура ожидается около 10-12°. Побочным продуктом парообразования, также сбрасываемым ПАТЭС,

оказывается пересоленный раствор (рапа), солёность которого в несколько раз превышает таковую заборной воды.

Ожидаемое воздействие ПАТЭС на экосистему водоема-охладителя носит многофакторный характер, охватывает пелагиаль водоема, а при его небольших глубинах и бенталь. Возникают как специфические, свойственные только ПАТЭС, воздействия, так и неспецифические, «обычные», свойственные любым механизированным плавсредствам, береговым сооружениям и большинству промышленных предприятий. Эти факторы могут быть перечислены в предполагаемом порядке убывания мощности воздействия как следующие.

Специфические воздействия: «тепловое загрязнение» бассейна сбросом подогретых вод из открытого контура охладительной системы ПАТЭС;

- прохождение (прокачивание) организмов планктона и нектона с природными водами через охладительные системы и их возможное повреждение или гибель;
- сброс осолоненных вод, плохо смешиваемых с природными водами, особенно при выраженной вертикальной стратификации вод.

Неспецифические воздействия: вибрационные и шумовые воздействия от работающих механизмов;

- возможные утечки и смывы с палубы ГСМ и других технических жидкостей, отходов;
- разрушение лакокрасочных покрытий, вызванное коррозией или биокоррозией металла; антиобрастательные покрытия подводных частей корпуса содержат ядовитые вещества и наиболее опасны для живых организмов, снижают качество природных вод и грунтов.

Ожидаемое же воздействие гидробиоты на ПАТЭС в основном связано с биологическим обрастанием и способно выразиться в следующем: возникновение биопомех в водозаборных и теплообменных системах, фильтрах и внутренних поверхностях труб; снижение водообмена и эффективности охладительных систем;

- необходимость непроизводительных затрат и вынужденных простоев оборудования, вызванных биологическим обрастанием;
- биокоррозия – разрушение и ускорение коррозии металлических и бетонных подводных конструкций, вызванные организмами-обрастателями;
- необходимость использования химических реагентов (например, хлора), ускоряющих коррозию оборудования и загрязняющих окружающую среду;
- увеличение расчетной массы ПАТЭС и её гидродинамического сопротивления за счет обрастания подводных частей корпуса.

Фактор риска биообрастания, биопомех и биокоррозии ПАТЭС в северных морях присутствует почти повсеместно, хотя и может быть выражен в разной степени. Избежать макрообрастания возможно лишь при установках станций в руслах заполярных рек, пресноводных и олигогалинных частях эстуариев, где параллельно градиенту солёности выявляется и градиент экологических рисков для ПАТЭС. В Северной Двине и пресноводной части ее устьевой



области может развиваться обрастание дрейссеной, по интенсивности не уступающее морскому.

Возможные экологические последствия небольшого числа специфических воздействий ПАТЭС могут оказаться очень многообразными. Под воздействием сброса теплых вод возможны количественные и качественные структурные перестройки экосистем или их частей: смена доминантных видов, изменение видового состава биоценозов и жизненных циклов гидробионтов. Помимо локальной элиминации отдельных стенобионтных форм возможно также появление и процветание случайно интродуцированных чужеродных видов-вселенцев, среди которых много обрастателей. Под воздействием сброса гипергалинных вод ожидается скапливание соленой («тяжелой») воды в ковшовых углублениях дна, изменение сложившейся стратификации водных масс и снижение уровня аэрации дна, с возможным образованием заморных (сероводородных) зон, изменение химизма и окислительно-восстановительного потенциала донных осадков.

В эстуарных и речных системах возможны смещения во времени и пространстве нерестовых и нагульных миграций проходных и полупроходных рыб, среди которых немало ценных рыбохозяйственных объектов. С учетом того, что многие северные и дальневосточные реки служат нерестовыми для лососевидных рыб, рыбохозяйственный ущерб – одно из основных составляющих общего экологического ущерба от воздействий ПАТЭС. Степень этого риска возрастает в ряду: открытое море, рейд - бухта без впадающих рек - бухта с рекой в вершине - эстуарий, многорукавное устье реки в виде дельты - эстуарий, однурукавное устье реки - русло реки, не образующей дельты.

Нами совместно с ФГУП «ВНИИОкеангеология» в 2007 г. были выполнены рекогносцировочные исследования фонового (предимпактного) состояния водных экосистем и условий их существования в районе предполагаемой установки первой в мире ПАТЭС – Никольском рукаве Северной Двины и прилегающей части Двинского залива. На десяти станциях и двух разрезах исследовались организмы зоопланктона, бентоса и основные абиотические параметры водной среды.

Исследованная акватория заселена типичной беломорской фауной, присутствия пресноводных (речных) форм, а также чужеродных видов-вселенцев в ней не обнаружено. Соленость в районе, имеющем протяженность 12 км, по горизонтали почти не изменяется даже в связи с приливно-отливными циклами, по вертикали же везде наблюдается выраженная стратификация от 14-16 ‰ на поверхности до 22-24 ‰ у дна. Грунт повсеместно песчаный с типичной псаммофильной фауной. Несмотря на расположение Никольского рукава непосредственно в индустриальной зоне г.Северодвинска, планктонные и донные сообщества не претерпели значительных трансформаций, если не считать развития здесь биоценоза

морского обрастания за счет привнесения в акваторию антропогенных твердых субстратов (причалы, корпуса судов и т.п.). Рыбохозяйственное значение этого рукава Северной Двины невелико, пятна теплой воды здесь будут регулярно размываться мощными приливно-отливными течениями. По предварительной оценке при установке ПАТЭС в этом участке ожидаются локальные трансформации водных сообществ, экологические риски среднего уровня без возникновения катастрофических ситуаций. Установку ПАТЭС малой мощности в этом районе можно также рассматривать как пилотный натурный эксперимент в малом промышленном масштабе, который позволит собрать ценные эмпирические данные для корректировки оценки воздействия на окружающую среду при разработке аналогичных проектов.

Авторы благодарят за содействие в данной работе ФГУП «ВНИИОкеангеология» и Лабораторию подводных исследований РГГМУ.

**Герасимова А.В., Иволина Н.Ю.** Линейный рост двустворчатых моллюсков *Mytilus edulis* L. как отражение биотопических условий в литоральной зоне в районе Керетского архипелага (Кандалакшский залив, Белое море)

Типичные представители населения литорали Белого моря, мидии *Mytilus edulis* L., обитая в весьма динамичной и гетерогенной среде, в разных местообитаниях демонстрируют существенную пластичность морфологических характеристик и популяционных показателей. Благодаря специфике прикрепленного образа жизни (взрослые особи практически лишены способности перемещаться), *M. edulis* оказываются удобными модельными объектами в демэкологии, в связи с тем, что продукционные показатели вида (в частности характеристики роста) в локальных местообитаниях должны отражать специфику именно данных условий обитания моллюсков. Цель настоящего исследования состоит в изучении изменчивости линейного роста мидий в вертикальном градиенте условий обитания.

Материал собран в июле-августе 2006 г. отдельно в среднем (СГЛ) и нижнем (НГЛ) горизонтах литорали и в верхней сублиторали (ВСЛ, до глубины 0,5 м) в трех местообитаниях, расположенных в районе Морской Биологической станции СПбГУ. Контрольные местообитания: каменистая литораль о. Матренин (участок 1), каменистая с валунами литораль в узкости пролива Подпахта (участок 2), находящиеся в условиях сильных приливо-отливных течений, а также затишной отрезок песчано-каменистой литорали у южной оконечности о. Кереть (участок 3). Для учета моллюсков применяли выборочные площадки размером от 0,025 до 0,05 м<sup>2</sup> (всего в каждом горизонте участков взято по 5 проб). Для оценки интенсивности фоновой гидродинамики использовали метод гипсовых шаров, которые закрепляли на чугунных опорах и устанавливали на сутки на каждый горизонт литорали участков в трех повторностях. Скорость вымывания гипса рассматривали как показатель интенсивности фоновой гидродинамики. Возраст и характер

линейного роста моллюсков определяли по результатам анализа внешней морфологии раковин. Для этого на каждой станции было отобрано около 100 особей (не младше 3-летнего возраста), у которых измеряли длину раковины в периоды зимних остановок роста. Всего таким образом обработано 838 моллюсков. При анализе скорости роста мидий использовали величину годового прироста (размер ростового кольца) и групповые возрастные ряды. Для реконструкции роста моллюсков в местообитаниях применено уравнение Берталанфи. Сравнение групповых возрастных рядов осуществлено в ходе анализа остаточных вариантов относительно кривых роста (Максимович, 1989).

В результате анализа гидродинамических условий на станциях оказалось, что разница в массе гипсовых шариков не имела достоверных различий после суточной экспозиции в средней литорали всех участков, а также в нижнем горизонте литорали и верхней сублиторали участка 3 и при этом была наименьшей, составив 2-3 г в сутки. Наиболее высока была разница в весе шариков, выставленных в НГЛ и ВСЛ участка 2 (13-16 г в сутки). Промежуточное положение занимали горизонты НГЛ и ВСЛ участка 1, где потеря шариком в весе в среднем составила около 6 г. Очевидно, что потеря гипсовыми шариками в весе была обусловлена не только интенсивностью гидродинамических условий, но и временем нахождения шариков в воде.

Максимальный возраст особей, использованных для анализа ростовых характеристик мидий, не превышал 7 лет, а наибольший размер - 60 мм. Общие черты вариабельности в характере роста моллюсков в местообитаниях можно описать следующим образом: размеры особей в четвертую зимнюю остановку роста колебались от 22 мм (участок, 2, СГЛ) до 30 мм (участок 2, ВСЛ). В результате формального сравнения всех групповых возрастных рядов *M. edulis* были выделены три группы описаний, различающиеся по средней скорости роста особей. При этом результаты данного анализа полностью совпадали с результатами сравнительного изучения гидродинамических условий отдельных станций. Наибольшей скоростью роста (34-37 мм за первые пять лет жизни) отличались мидии из местообитаний с наиболее активной динамикой вод (НГЛ и ВСЛ участка 2). Наиболее тугорослые моллюски (25-28 мм за первые пять лет жизни) отмечены на станциях, расположенных в затишных условиях (НГЛ участка 3) и (или) в условиях наиболее продолжительного осушения (СГЛ всех участков). Мидии, занимающие промежуточное положение по средней скорости роста, обычны на участках, характеризующихся средними показателями фоновой гидродинамики (НГЛ и ВСЛ участка 1). Не удалось обнаружить достоверных различий в скорости роста культивируемых мидий (хозяйство марикультуры в районе Сонстровского архипелага) и мидий, собранных с участка, находящегося в условиях наиболее интенсивной гидродинамики (участок 2). Условия, при которых были отмечены наиболее быстрорастущие моллюски, очевидно, весьма близки к условиям существования культивируемых мидий.

Дисперсионный анализ изменчивости индивидуальных годовых приростов раковины мидий в разных местообитаниях в целом подтвердил результаты сравнительного анализа интегральных кривых роста мидий, однако в этом случае весьма велика доля случайной изменчивости признака (50-80 %). Оказалось, что глубина положения пробы (СГЛ, НГЛ или ВСЛ) достоверно влияет на величину годового прироста, но определяет не более 22 % вариации признака. Существенность межгодовых различий условий роста как обстоятельства, определяющего величину годового прироста мидий, была доказана только для годовых приростов моллюсков на 3-м и 4-м годах жизни, определяя от 6% (участок 3, НГЛ) до 36% (участок 2, НГЛ) общей вариации признака.

**Задевалова М.И., Березина Н.А.<sup>1</sup>** Питание литоральных видов бокоплавов в районе Керетского архипелага (Кандалакшский залив, Белое море)

<sup>1</sup> ЗИН РАН

Ракообразные отр. Amphipoda составляют типичный компонент литоральных сообществ Белого моря, в ряде случаев даже доминируя по численности (Цветкова, 1985; Задевалова, Герасимова, 2007). Однако питание бокоплавов, их роль в пищевых цепях донных сообществ исследованы недостаточно. Данная работа посвящена изучению пищевых спектров бокоплавов на литоральном участке в акватории Керетского архипелага (Кандалакшский залив, Белое море).

Материалом для данной работы послужили качественные сборы бокоплавов летом 2007 года на осушенном участке илисто-песчаного пляжа в проливе Подпахта (район Морской Биологической Станции СПбГУ). Пойманных раков фиксировали 4%-ным формалином. У всех бокоплавов измеряли длину тела (от рострума до основания тельсона), определяли видовую и половую принадлежность, наполняемость кишечника (в %). Для извлечения кишечника тело бокоплавов надрезали от головы до основания тельсона. Содержимое кишечника просматривали под световым микроскопом. Оценивали частоту встречаемости пищевых компонентов (в %).

Всего для изучения пищевых спектров бокоплавов поймано 28 особей, включающих представителей трех видов амфипод *Gammarus oceanicus* (21 экз.), *G. zaddachi* (2 экз.) и *G. setosus* (5 экз.). Размеры анализируемых животных находились в пределах от 7 до 20 мм, при этом 2/3 бокоплавов – длиной более 10 мм. Не обнаружено существенных различий в наполняемости кишечника, соотношении пищевых компонентов у особей разного вида и размера. В собранном материале в основном представлены самцы, самки единичны, поэтому пока не представляется возможным говорить о различиях в пищевом спектре и у особей разного пола. Средняя наполняемость кишечника бокоплавов составила 60%. Обнаруженные в кишечниках пищевые компоненты были разделены на 3 группы: детрит, растительные и животные остатки. Детрит и растительные остатки были

встречены у 100% особей. Пищевые компоненты животного происхождения были найдены у 61% исследованных особей. При этом у 15% бокоплавов это были щетинки *Oligochaeta*, у 7% - личинки рода *Priapulius*, у 5% - остатки ракообразных. В основном же пищевые компоненты животного происхождения в кишечниках бокоплавов представлены икрой рыб, обнаруженной у 54% особей. Таким образом, очевидно, что анализируемые виды бокоплавов относятся к всеядным организмам, в питании которых преобладают растительная пища и детрит, что полностью согласуется с литературными данными (Бескупская, 1963; Соколова, 1963; Бек, 1972). Тем не менее, обнаружение икры рыб в кишечниках более половины анализируемых особей представляет значительный интерес, особенно в свете оценки роли бокоплавов в трофических цепях водных сообществ.

Авторы выражают благодарность сотрудникам, студентам и аспирантам кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ за помощь в работе.

**Зимарева Л.Б., Отставная Е.Г., Фатеев Д.А., Чужекова Т.А., Шатских Е.В., Иванова Т.С.** Структура популяции трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* L. в озере Горелое

Озеро Горелое расположено на о. Большой Горелый Керетского архипелага Белого моря и является малым озером площадью 1,78 га (Иванова и др., 2006, Полякова и др., 2007). С 2005 г. озеро является модельным объектом для проведения комплексных исследований студентами каф. ихтиологии и гидробиологии в рамках летней практики. В разные годы делаются акценты на различные аспекты исследования биоты данного водоема. В 2007 г. нами было проведено исследование популяционных показателей единственного представителя рыб в озере - трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* L.

Отлов рыб производили в июне 2007 г. равнокрылым мальковым неводом (длина 35 м, размер ячеи 3 мм в центре и 8 мм на крыльях, площадь тони составляла примерно 700 м<sup>2</sup>). Было совершено 2 притонения невода в разных частях озера. Коэффициент уловистости был определен в предшествующем исследовании (методом серии последовательных отловов) и равен 0,7 (Иванова и др., 2006). Общее число пойманных рыб составило 89 экземпляров (табл.).

Таблица. Численность (N) и биомасса (B) колюшек в оз. Горелое в 2007 г.

Показатель обилия	Невод 1	Невод 2	Среднее
N, экз./улов	80	9	44,5 ±35,5
N, экз./кв.м	0,176	0,020	0,098 ± 0,078
B, мг/кв.м	247,8	27,7	137,7 ±110

По материалам 2007 г., численность рыб оказалась ниже, чем в 2005 г. (1 ± 0,4 экз./м<sup>2</sup>), в то время как биомасса имела вполне сопоставимые значения

(164 ± 80 мг/м<sup>2</sup>) (Иванова и др., 2006). При этом численность колюшек в озере существенно меньше, чем в прибрежной зоне близлежащих морских акваторий, где их численность в 2007 г. составляла 5-10 экз./м<sup>2</sup>.

Нами была взята выборка рыб из первого невода – 50 экземпляров, на которых было произведено измерение длины (мм), массы тела (мг): до вскрытия рыб и после извлечения паразитов из полости тела, определение пола, стадии зрелости гонад и возраста.

На основании промеров составлено уравнение зависимости массы тела от длины:

$$W = (0.008 \pm 0.005)L^{(3.124 \pm 0.17)} (R^2=0.9),$$

где W – масса тела (мг) рыб без паразитов, L - длина тела (мм).

Показано, что в пресноводной популяции колюшки имеют в среднем более низкую скорость роста, чем в эстуарной. Так к четверем годам средние размеры самок в оз. Горелое составляют 48 ± 2,0 мм, тогда как в окрестных морских акваториях – 62 ± 1,0 мм (Иванова и др., 2007).

Возраст пойманных рыб варьировал от 2 до 7 лет, большинство пойманных рыб имело возраст 4-5 лет (возможно, это связано с недоучетом младших возрастных групп, не достигших размеров 30 мм). Основная часть улова представлена самками (97%), среди которых половозрелыми особями были лишь 14%. В основном это особи 5-7 лет с минимальной длиной тела 41 мм, в то время как максимальная длина неполовозрелых особей – 61 мм. Таким образом, можно предположить, что размерный диапазон полового созревания достаточно широк.

Почти все рыбы были заражены паразитическими гельминтами, масса которых достигала 43% от общей массы рыбы вместе с паразитом. На наш взгляд, паразиты угнетают развитие гонад у колюшки: у 35% рыб определение пола было невозможно.

***Иванова Т.С., Лайус Д.Л.*** Роль ошибок измерения в анализе морфологических признаков, традиционно используемых в ихтиологии

Морфологические методики широко используются в ихтиологии, при этом обычно считается, что обнаруженные различия являются следствием межпопуляционных различий, а не тем, что измерения сделаны разными авторами. Целью настоящего исследования является анализ влияния ошибки измерения на результаты морфологического анализа с использованием традиционных ихтиологических методик. Для этого мы делали следующее.

а) Оценивали вклад трех компонентов в общую вариабельность признака, вызванных: 1) различиями между операторами, т.е. ошибкой оператора; 2) различиями между повторными измерениями одного и того же оператора, т.е. ошибкой повторности; 3) межиндивидуальной изменчивостью признака у рыб. Источником ошибки измерения являются трудности определения

местоположения реперных точек и инструментальная ошибка. Был использован двухфакторный дисперсионный анализ, который позволял оценивать вклад следующих трех компонентов в общую вариацию признака: «особь», «оператор» и остаточная дисперсия, которая служила мерой вклада ошибки повторности.

б) Сравнивали признаки по соотношению вкладов различных факторов;

в) Изучали надежность статистических выводов разных операторов для признаков с разным вкладом ошибок оператора и повторности измерения.

Для исследования были взяты две выборки окуня *Perca fluviatilis* из озер Большое и Кривое (бассейн устья губы Чупа Белого моря) объемом 5 и 10 экз. соответственно. На каждой рыбе измерено 37 признаков по стандартной схеме (Правдин 1966). Все рыбы из первой выборки были дважды измерены каждым из 5 операторов, из второй – всеми операторами (по два экз. на оператора).

Кластерный анализ (расстояние Эвклида, средневзвешенная средняя) позволил разделить признаки на 6 групп по соотношению компонентов вариации. Два кластера содержали по одному признаку - длина верхней челюсти и длина по Смиуту. Оба признака характеризовались существенным вкладом ошибки оператора, в первом случае на фоне небольшой, а во втором – на фоне большой доли межиндивидуальной изменчивости. По-видимому, в обоих случаях высокая ошибка оператора связана, в первую очередь, с определением реперных точек. В остальных 4 группах вклады ошибки оператора и ошибки повторности менялись согласованно – уменьшение доли одной ошибки сопряжено с уменьшением другой, причем ошибка повторности в большинстве случаев превышает ошибку оператора, в среднем в 1,7 раза.

Высокой ошибкой измерения характеризуются такие признаки как диаметр глаза и ширина верхнечелюстной кости, размер которых невелик (5-10 мм), что приводит к относительно высокой инструментальной ошибке, а также длина хвостового стебля, у которого достаточно трудно локализуется реперная точка, определяемая как пересечение продольной оси тела с перпендикуляром, опущенным от окончания плавника. В итоге у таких признаков собственно изменчивость рыб не превышает 25% общей вариации признака. Признаки, обладающие минимальным вкладом ошибок измерений (менее 30%), как правило, являются довольно крупными (десятки мм) и имеют легко локализуемые реперные точки, такие как кончик носа или основания плавников.

Вклад ошибки измерения существенно влияет на результаты анализа. Для признаков с высокой долей ошибок оператора, превышающей треть от общей вариации, результаты, получаемые разными операторами статистически различаются (до 50% случаев), что, несомненно, является артефактом, так как измерения проводились на одних и тех же рыбах. При статистическом сравнении рыб из разных озер также наблюдали зависимость статистических

выводов от вклада ошибок измерения. Только в группе признаков с максимальной межиндивидуальной изменчивостью (более 65%) все операторы при сравнении выборок делали одинаковые статистические выводы. Для остальных признаков одни операторы получали выводы о статистически значимых различиях между выборками, а другие нет (при сравнении одних и тех же рыб).

Таким образом, наше исследование показало, что результаты морфологического анализа существенно зависят от особенностей операторов. Это важно учитывать не только при сравнении результатов, полученными разными операторами, но и при интерпретации результатов одного оператора в случае анализа признаков с разным вкладом ошибки измерения. Очевидно, в настоящее время эти факторы серьезно недооцениваются.

**Иванюкович А.А., Полякова Н.В.** Пространственно-временная неоднородность структурных показателей зоопланктона литоральной ванны в проливе Сухая Салма

Для большей части побережья Белого моря характерно наличие развитой литорали, где обычны углубления, заполненные водой во время отлива. Своеобразие физико-химических и биологических характеристик позволяют рассматривать их в качестве своеобразных облигатных водоемов, получивших в литературе название литоральных ванн. Их можно разделить на две основные группы: собственно наскальные и расположенные на илисто-песчаных пляжах. Последние обычно характеризуются более крупными размерами и глубинами. Объектом данной работы послужил именно такой водоем, расположенный на литорали пролива Сухая Салма Кандалакшского залива Белого моря, площадью около 3 га и глубинами до 4 м, в прилив имеющий непосредственную связь с морем.

Материал собран в июле – августе 2004-07 гг. на 4-10 станциях. Пробы зоопланктона собраны и обработаны по стандартной методике. Параллельно пробы зоопланктона собирали непосредственно в проливе Сухая Салма. Соленость на поверхности колебалась в пределах 16-22 промилле, что близко к величинам солености этого участка моря.

В составе зоопланктона отмечено около 30 видов планктонных беспозвоночных, основная часть представлена типичным комплексом летнего рачкового планктона Белого моря. Однако, если в море на протяжении всего периода наблюдений преобладали *Oithona similis*, *Microsetella norvegica*, личинки двустворчатых моллюсков и полихет, то в литоральной ванне отмечена постоянная смена видов-доминантов. В 2004 году основную роль в сообществе играли веслоногие *Eurytemora hirundoides* и молодь *Haracticoida*, в 2005 году около 90% от общей численности зоопланктона составляли *Acartia longiremis*. В 2006 году это также были веслоногие *Acartia longiremis* и *Centropages hamatus*, хотя их доля в среднем



составляла всего 10-15%. В июле 2007 года преобладали *Oithona similis* и молоди циклопов и гарпактицид, в августе - личинки *Gastropoda*, сконцентрированные в основном в кутовой части литоральной ванны.

Необходимо отметить мозаичность распределения зоопланктона в водоеме. На ближних к морю станциях численность, как и число видов, невысоки. Здесь обнаружены только личинки *Bivalvia*, молодь *Copepoda*, *Microsetella norvegica*. По мере удаления вглубь ванны численность личинок моллюсков резко снижается, вплоть до полного исчезновения, зато увеличивается количество видов и численность ракообразных. В наиболее удаленной от моря части ванны видовое разнообразие максимально.

Некоторые формы (*Sagitta elegans*, молодь *Cyclopoida*, *Echinodermata* и *Cirripedia*) отмечены только на глубинах 2–4 м, копеподы *Oithona similis* же наоборот имеют наибольший вклад в численность (до 50%) на мелководных станциях. При этом на мелководных станциях также нельзя говорить об однородности структурных характеристик зоопланктона. Так, в одну из съемок 2006 года численность *Acartia longiremis* на станциях с глубинами 0,5–1 м колебалась от 0 до 10 тыс.экз/куб.м.

При этом если в 2004-2005 годах общая численность практически не отличалась, составив в среднем за сезон около 30 тыс.экз./куб.м, превышая соответствующий показатель для моря, то в августе 2006-2007 годов она была ниже более, чем на порядок, и, соответственно, ниже, чем в море.

Возможно, неоднородность распределения можно объяснить специфичностью условий в водоеме – основная часть ванны имеет глубины до 2 м, температура здесь обычно на 1-3 градуса выше, чем в море. Несмотря на постоянную связь с морем, обмен водными массами происходит через мелкий (глубиной не более 50-70 см) пролив с сильным течением, что, по всей вероятности, создает своего рода барьер для некоторых форм. Таким образом, в литоральной ванне на литорали Сухой Салмы сложилось достаточно своеобразное и изолированное сообщество, для изучения закономерностей распределения которого необходимо расширение сетки станций и проведение детальных сезонных исследований.

**Кругликов О.Е., Иванов М.В.** К вопросу о важности опада культивируемых мидий для бентосных сообществ

В последние десятилетия во всём мире наблюдается усиленное развитие промышленной марикультуры моллюсков во всех подходящих для этих целей акваториях. В связи с этим особенно актуальной проблемой является изучение воздействия марикультуры на прилегающие экосистемы, в том числе и на бентосные сообщества. Основной составляющей этого воздействия является поступление дополнительных органических веществ в сообщества морского бентоса. Это возможно как с фекалиями и псевдофекалиями мидий, так и с осыпающимися с субстратов моллюсками.

Задачей исследования являлась оценка вклада биомассы опавших мидий в общую картину поступления органических веществ в бентосные сообщества от беломорской марикультуры мидий.

Материалом для исследования послужили сборы, произведённые в 2006-2007 гг. в Соностровской салме (Кандалакшский залив Белого моря) на шести станциях, расположенных на глубине 13-14 м. Три из этих станций были расположены под участками мидиевого хозяйства, а остальные – использованы в качестве фоновых. Пробы грунта отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м<sup>2</sup>. Из проб выбирали раковины опавших мидий, измеряли их длину, определяли возраст и длину последнего прироста. По длине створки восстанавливали сырую массу тела мидий и далее, в этой массе, определяли массовую долю сухих органических веществ по формулам, предложенным для беломорских мидий (Сухотин, 1986, 1992).

В среднем под участком мидиевого хозяйства биомасса осыпавшихся мидий составила 120±50 г сухих органических веществ на м<sup>2</sup>, варьируя по станциям и по годам в диапазоне от 25 до 300 г. Все мидии были мертвыми.

В распределении раковин моллюсков по возрастам наблюдалось практически равномерное разделение общей биомассы мидий на равные трети между моллюсками возраста 5+, 4+, 3+, при небольшой доле моллюсков возраста 2+. В распределении моллюсков по численности прослеживалось, закономерное уменьшение числа раковин с увеличением их возраста, доля моллюсков возраста 3+ и младше в общей численности составила более 70 %.

Оценка времени основного осыпания мидий с субстратов, проведённая по анализу длины последнего прироста раковины, показала, что для мидий генерации 3+ и 4+ пик опадания приходится на июнь – июль, а для мидий генерации 5+ пик опадания приходится на конец августа – начало октября.

В 2006 г. раковины мидий в пробах грунта обнаруживали только под участками мидиевого хозяйства, и незначительное количество отмечено в пределах 50 м от участка мидиевого хозяйства. В 2007 г., по-видимому, в связи с проводимыми работами по сбору урожая моллюсков, раковины мидий мы встречали на всех станциях акватории исследования.

Поступление на дно органических веществ от беломорских мидиевых хозяйств в летний период ранее было нами оценено в 3 г сухих органических веществ в сутки на м<sup>2</sup> (Иванов, 2006). Таким образом, за время существования участка мидиевого хозяйства приход органических веществ с осыпавшимися мидиями можно оценить в 5-10 % от поступивших с фекалиями и псевдофекалиями.

**Кузнецова Е.К., Герасимова А.В., Максимович Н.В., Иванов М.В.**  
Пространственное распределение макрозообентоса в пределах локального участка верхней сублиторали в районе Керетского архипелага (Белое море)

С 1984 года сотрудники кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ ведут наблюдения за бентосным сообществом на песчано-каменистой сублиторали у о. Матренин (Керетский архипелаг). Контрольный участок охватывает бенталь на глубинах 4-15 м и занимает площадь около полутора гектаров. На участке развито сообщество двустворчатых моллюсков *Arctica islandica*, причем с необычайно высокими для Белого моря показателями обилия доминирующего вида: численность более 100 экз./м<sup>2</sup> и биомасса до 700 г/м<sup>2</sup>. Отметим, что распределение как доминирующего вида, так и других донных животных, в пределах участка в течение всех лет наблюдений было крайне неравномерным, что и определило цель данной работы - выявление закономерностей в распределении организмов макрозообентоса в данном местообитании.

В основу работы положены материалы, собранные в июле 2002 и 2006 гг. на базе МБС СПбГУ. Сбор проб проводился методом водолазных трансект: по дну был проложен и закреплен якорями двухсотметровый трос, к которому через каждые 20 метров привязаны буйки (всего 11 станций). На каждой станции макробентос собирали с помощью зубчатого водолазного дночерпателя с площадью захвата 1/20 м<sup>2</sup> - по 3 пробы на станцию. В июле 2006 года дополнительно на каждой станции взяты пробы грунта для оценки физико-химических характеристик донных отложений. Сравнение станций по показателям обилия организмов макрозообентоса и оценка сопряженности в распределении отдельных видов проведены с применением кластерного анализа. В качестве меры расстояния между описаниями использовано расстояние Евклида.

Основу гранулометрического состава донных отложений участка составили гравий (47 %) и песок (размеры частиц от 0,1 до 1 мм – 33 %), содержание органических веществ в грунте в среднем достигало 4% (при колебаниях от 2,7 до 4,9 %). При этом характеристики донных отложений на участке менялись с глубиной. В частности, при сопоставлении станций по гранулометрическому составу осадков (кластерный анализ) были выделены три группы станций: I охватывала наиболее мелководную зону участка (гл. менее 7 м), II – глубины 9-11 м, III – глубоководную зону участка, глубины 12,5-15 м. Кроме того показаны прямая регрессионная зависимость содержания органических веществ в грунте от глубины и обратная - от температуры донных отложений от глубины. Структурные характеристики сообщества макрозообентоса участка оказались близки аналогичным параметрам сообществ песчано-каменистых грунтов (с примесью ила) верхнего горизонта беломорской сублиторали (до глубины 15 м). Всего обнаружено 67 таксонов беспозвоночных, 37 из которых отмечены в оба года наблюдения. По численности преобладали многощетинковые черви (63% суммарной численности), по биомассе - двустворчатые моллюски (85,5%

суммарной биомассы), причем на долю доминирующего вида двустворчатых моллюсков *Arctica islandica* приходится около 60 % суммарной биомассы макробентоса. Из субдоминантных форм наиболее характерны двустворчатые моллюски *Mytilus edulis* (около 16 % от общей биомассы) и многощетинковые черви *Alitta virens* (около 5% общей биомассы). По численности на участке доминируют многощетинковые черви *Myriochele oculata*, *Alitta virens* и *Terebellides stroemi* (30, 11 и 10 % от общей численности соответственно). Заметных межгодовых смещений в структуре изученного сообщества не отмечено. Однако суммарная биомасса бентоса на участке снизилась почти в два раза в 2006 году по сравнению с данными 2002 года, что в основном обусловлено падением почти в два раза биомассы доминирующего вида (с 300 г/м<sup>2</sup> до 160 г/м<sup>2</sup>).

В результате сравнения станций по показателям обилия таксонов было выделено 2-3 группы, основные различия между которыми связаны с особенностями распределения в пределах участка доминирующих по численности и биомассе на станциях таких форм как: *Arctica islandica*, *Alitta virens*, *Myriochele oculata*, *Serripes groenlandicus* и *Mytilus edulis*. По величинам обилия преобладающих в полученных объединениях видов можно говорить о наличии в пределах участка, по крайней мере, одного устойчивого сообщества. Глубины более 7 м в оба года наблюдений оккупированы сообществом *Arctica islandica*. В мелководной же зоне участка в разные годы наблюдений доминировали разные виды: в 2002 г. *Styela rustica*-*Alitta virens*, в 2006 г. - *Serripes groenlandicus* и *Alitta virens*. Отмеченные проявления неравномерности в распределении организмов макрозообентоса, по-видимому, являются облигатной чертой изученного участка бентали. Так, исследования, проводимые в этом местообитании в 1984-1985 гг. (Герасимова, Максимович, 1989), продемонстрировали близкие результаты.

При изучении сходства в распределении в пределах участка отдельных таксонов макрозообентоса в оба года наблюдений нам удалось выделить практически одни и те же группы ассоциированных таксонов, количественное распределение которых было практически одинаково в 2002 и 2006 гг. и в значительной степени сопряжено с глубинами на участке. Поскольку по материалам 2006 года было показано, что на участке с глубиной менялись физико-химические характеристики донных отложений, то именно они были использованы при выяснении причин такого распределения отдельных видов. Оказалось, что гранулометрический состав грунта является статистически значимым фактором в распределении численности (биомассы) видов, приуроченных либо к мелководной, либо к глубоководной зоне участка, обуславливая 68-97% общего варьирования величин обилия. Кроме того, отмечена сильная корреляция показателей обилия отдельных видов с содержанием органических веществ в грунте (*Myriochele oculata*, *Macoma calcarea*) и температурой донных отложений (*Alitta virens*) (коэффициенты корреляций 0,7-0,9).

На данном этапе исследований нам не удалось найти доказательства влияния на распределение макрозообентоса биотических отношений, хотя для некоторых таксонов показана корреляционная связь показателей обилия в пределах участка. Например, в оба года наблюдения значимая положительная корреляция численности и биомассы отмечена для *Mascota calcarea* – *Myriochele oculata* (коэффициенты корреляций 0,95-0,97). Однако остается неясным – это результат взаимодействия видов, или же сходного отношения к окружающей среде. Исследования в этом направлении, возможно, станут предметом наших будущих изысканий.

**Лайус Д.Л., Иванова Т.С.** Оценка численности колюшки в Кандалакшском заливе Белого моря

Численность трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* в Белом море испытывает значительные долговременные колебания. Известно, что в первую половину XX века численность колюшки была очень высокой, например, Сент-Илер (1934) описывает «несметные стаи» в районе Ковды. Однако, к концу 1960-х гг. она перестала быть массовым видом, а начиная с конца 1990-х гг., численность колюшки вновь начала возрастать.

В 2006 и 2007 гг. мы проводили количественные съемки в период нереста колюшки в районе Керетского архипелага с помощью 30-метрового малькового невода. В 2006 г. в районе о. Горелый численность колюшки составляла 18 экз./м береговой линии (полоса вдоль берега шириной примерно 30 м), а в 2007 г. в этом же районе – 143 экз./м, в губе Сельдяная – 237 экз./м, в р-не о. Виченная луда – 122 экз./м. Эти данные показывают значительное возрастание численности колюшки в этом районе за очень короткие сроки. При этом, наблюдаемое в настоящее время количество колюшки не может быть описано как «несметные стаи». Очевидно, что популяция имеет потенциал для дальнейшего роста, оценить величину которого позволили бы количественные данные.

Однако количественных данных в научной литературе нам обнаружить не удалось. Единственное известное нам свидетельство для первой половины прошлого века, позволяющее дать количественную интерпретацию, обнаружено в книге воспоминаний В. В.Чернавина «Записки вредителя» (1999). Автор, известный ихтиолог, в 1932 г. занимался заготовкой колюшки, будучи заключенным ГУЛАГа, и писал, что в районе деревни Черная речка в начале июня «колюшка шла бесконечной лентой из моря и стояла сплошной массой у всех берегов.... Наш пятидесятиметровый неводок в пятнадцать - двадцать минут давал улов больше тонны» (с. 322). Полагая, что средняя масса колюшки составляет 2,5 г (по нашим данным), легко подсчитать, что численность колюшки составляла более 8000 экз./м, т.е. примерно в 50 раз выше, чем численность в настоящее время.

Очевидно, эти данные должны быть восприняты критически, поскольку получены не из научной литературы, и относятся всего к одной точке (находящейся примерно в 40 км от места наших работ). Тем не менее, они заслуживают большого внимания, поскольку позволяют оценивать масштабы изменений в популяции. Наблюдаемые изменения численности колюшки являются проявлением изменений во всей прибрежной экосистеме Белого моря и связаны, скорее всего, с циклами изменений в поселениях *Zostera marina*. Интересно отметить, что фазы повышенной численности колюшки и зостеры наблюдаются в относительно теплые периоды, а спады – в относительно холодные. Поэтому не исключено, что существенную роль в изменениях численности этих видов играют климатические изменения.

**Мосягина М.В., Отставная Е.Г., Иванова Т.С.** Об особенностях оогенеза трехиглой колюшки (*Gasterosteus aculeatus* L.) Белого моря

Колюшка является видом с многопорционным нерестом (Wootton, 1973). По данным Б.Н. Казанского (1952), самки трехиглой колюшки выметывали в экспериментальных условиях до четырех порций икры по 100-200 икринок в каждой, причем после последнего икрометания часть рыб погибала. В естественных условиях также наблюдается массовая гибель колюшки после нереста (Троицкий, 1973). Интервал между двумя икрометаниями может составлять до 6-15 суток при температуре воды 20<sup>0</sup>С (Казанский, 1952). Резорбция пустых фолликулов в яичниках в это время идет параллельно с ростом ооцитов следующих порций.

В годовом цикле половозрелых самок трехиглой колюшки выделяют три основных периода развития гонад: с сентября по апрель яичники находятся на III стадии зрелости, с апреля по июль – в IV и V, и с августа по сентябрь в VI-III стадиях зрелости (Подушка, 1976). Переход яичников в IV стадию зрелости зависит от условий внешней среды, среди которых ведущая роль принадлежит изменению фотопериода (Подушка, 1976). Длительная задержка перехода к вителлогенезу отмечена также при недостаточной обеспеченности рыб пищей (Казанский, 1951).

Исследования воспроизводительной системы у представителей этого вида в Белом море (губа Чупа) были начаты в 2007 году. По нашим предварительным данным нерест колюшки в этом районе завершается в конце июня. В это время в уловах были отмечены самки только с яичниками на IV и V стадиях зрелости (соотношение 3:2). В ходе гистологического анализа гонад 10 самок колюшки (табл.1) было показано, что соотношение ооцитов, находящихся на разных ступенях развития в яичниках колюшки в период нереста сходно с таковым у трехиглой колюшки, нерестящейся в Финском заливе. Однако средний диаметр ооцитов завершающей стадии вителлогенеза - достоверно меньше (Подушка, 1976).

Таблица. Диаметр (мкм) и доля (%) ооцитов разных этапов развития в яичниках IV стадии зрелости у трехиглой колюшки, выловленной в июне 2007 года в Керетской губе в районе о. Горелый..

Показатель	Ооциты превителлогенеза	Ооциты фазы вакуолизации			Ооциты вителлогенеза	Резорбирующиеся ооциты
		начала	середины	завершения		
Диаметр	58,1±3,5	131,2±5,5	180,0±12,4	304,1±17,6	522,3±16,5	-
Доля	48,6	17,6	10,4	14,1	4,3	5,0

Полученные результаты носят предварительный характер. Дальнейшее исследование эколого-физиологических адаптаций гонадогенеза колюшки в Белом море предполагает анализ состояния воспроизводительной системы на всех этапах годового цикла, а также влияния различных экологических факторов, таких как фотопериод, температура, соленость и зараженность паразитами.

**Отставная Е.Г., Зеленников О.В.** К вопросу о динамике резервного фонда половых клеток у молоди горбуши

Хорошо известно, что у тихоокеанского лосося горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* Walb., перевезенного в середине XX века с Сахалина в бассейн Белого моря, в новом ареале произошли существенные изменения в ходе развития гонад (Персов, 1969; 1975). Эти изменения не позволили из сахалинской горбуши создать на европейском Севере самовоспроизводящуюся популяцию (Персов и др., 1983), но, вместе с тем, придали дополнительный импульс к исследованию гонадо- и гаметогенеза рыб за пределами естественного ареала. Показано, что в бассейне Тихого океана у молоди моноциклической горбуши, как естественного, так и заводского происхождения, по окончании личиночного периода, практически сразу блокируется размножение гониев и формируется единственная генерация ооцитов (Зеленников, Федоров, 2005). В отличие от этого, согласно предварительным и фрагментарным данным (Лунев, 2002), у самок горбуши, выращенных в лаборатории, размножение гониев может осуществляться значительно более длительное время. Для проверки этого предположения в Курильском заливе острова Итуруп мы проанализировали: 1. Молодь горбуши массой от 1,6 до 2,9 г, отловленную приблизительно через 2 - 2,5 месяца после ее выхода из рек в море; 2. Молодь горбуши, выращенную после вылупления до массы от 5,6 до 13,3 г в течение 160 сут. в пресной воде (лаборатория ихтиологии СПбГУ).

У самок горбуши, выловленных в море, в гонадах была сформирована генерация ооцитов периода превителлогенеза, число которых варьировало от 7 до 12,5 шт. на срез, а диаметр от 145,4 до 180,0 мкм. Половые клетки резервного фонда - гонии и ооциты периода ранней профазы мейоза были обнаружены только у 2 из 19 исследованных самок, и в среднем их число составило 0,026 на срез (0,2% от общего числа половых клеток). У самок,

выращенных в лаборатории, в возрасте 160 сут. ооциты старшей генерации достигли периода вителлогенеза. Их число в среднем на срез - от 7,5 до 11,5 шт. варьировало практически в таком же диапазоне, что и у самок от естественного нереста, тогда как диаметр ооцитов - от 331,8 до 490,9 мкм оказался значительно больше. Вместе с тем гонии и мейоциты были обнаружены в гонадах всех исследованных самок; их число в среднем на срез составило 2,09 шт., а доля - 19,4% от общего числа половых клеток. Интересно отметить, что с ростом и возрастом число клеток резервного фонда не уменьшалось. Например, в возрасте 90 сут. их число и доля в среднем были 1,12 шт. и 13,3% соответственно.

Таким образом, у молоди горбуши в естественных условиях после выхода в прибрежье продолжалось и фактически завершилось формирование единственной генерации ооцитов. У мальков, выращенных в лаборатории, митотическая активность гониев и инициирование развития новых ооцитов продолжается, по крайней мере, до начала вителлогенеза. Число гониев и мейоцитов по мере выращивания рыб не уменьшается, что может являться реакцией организма на длительное обитание в пресной воде.

#### **Полякова Н.В., Анцулевич А.Е.** Зоопланктон приустьевой части Двинского залива Белого моря

Материалом для данной работы послужили пробы зоопланктона, собранные в начале августа 2007 года в приустьевой части Двинского залива Белого моря в районе г. Северодвинска. Всего на разрезе от устья Северной Двины (Никольский рукав) до открытого моря протяженностью около 12 км заложено 10 станций, на которых в поверхностном слое воды 0-10 м вертикальной сетью Джели собрано 10 количественных проб.

Видовой состав зоопланктона исследованного района включает 22 формы, относящиеся к различным систематическим группам, на отдельных станциях отмечено от 13 до 21 вида, причем видовые списки практически совпадают, отмеченные виды имеют встречаемость 80–100%. В основном это формы, типичные для летнего зоопланктона Белого моря. Основу составляет рачковый планктон со стандартным набором массовых форм – на всех станциях отмечены *Oithona similis*, *Acartia longiremis*, *Centropages hamatus*, *Pseudocalanus minutus*, *Temora longicornis*, *Microsetella norvegica*, хотя уровень количественного развития отдельных видов может различаться. Присутствует так же солоноватоводная форма *Euritemora affinis (hirundoides)*, типичная для эстуарных районов. Необходимо отметить присутствие и высокую численность на всех станциях коловратки *Asplanchna priodonta*, которая является эвригалинным видом и широко распространена в прибрежье Белого моря. На всех станциях присутствует гидроидная медуза *Aglantha digitale*, определяя достаточно высокие биомассы. Меропланктон представлен личинками брохоногих и двустворчатых моллюсков, достигающими высоких величин обилия, что типично для начала августа.



Численность личинок усоногих раков существенно ниже. Личинки многощетинковых червей отмечены в небольших количествах и не на всех станциях. Типичный для летнего планктона Белого моря вид *Sagitta elegans* также присутствует не на всех станциях.

Численность зоопланктона колеблется в пределах 12-50 тыс.экз/куб.м, биомасса - 220-640 мг/куб.м. Наиболее высокие показатели обилия отмечены на станции 9, самые низкие - на станции 10 (обе находятся в открытой части моря). Основную роль в сообществе зоопланктона играют ракообразные, доминируя на большинстве станций по численности и биомассе. Тем не менее, можно выделить станцию 1, расположенную в устье реки вблизи берега, где доминировали коловратки *Asplanchna priodonta* (63% общей численности и 48% - биомассы). Высокого уровня количественного развития эта форма достигает на станции 3 (40 и 27% соответственно). На остальных станциях ее доля значительно ниже: 3-25 % от общей численности, 4-25% биомассы. На станциях, где по численности доминируют ракообразные (60-86%), главную роль играет *Microsetella norvegica* (20-55% общей численности). По биомассе также преобладают ракообразные (33-66%) и относительно крупный планктер – гидроидная медуза *Aglantha digitale* (11-44%).

Таким образом, Никольский рукав Северной Двины в районе Северодвинска и прилегающая часть Двинского залива оказываются довольно однородной и слабо трансформированной акваторией морской типа, однако по распределению структурных характеристик зоопланктона в отдельных её участках может быть выявлено влияние речных вод.

**Спетницкая Н.А., Гогорев Р.М.<sup>1</sup>, Иванов М.В.** Качественный анализ фитопланктона в воде и желудках мидий

<sup>1</sup>Ботанический институт РАН

Спектр питания мидий – важный и интересный не только научный, но и прикладной вопрос, поскольку мидии давно используются в мариккультуре различных стран.

Мы изучали питание культивируемых беломорских мидий *Mytilus edulis* L. фитопланктоном. Сбор материала проводили с 17 по 21 июля 2006 года. Отбирались пробы воды для оценки фитопланктона и мидии с целью изучения содержимого желудков. Пробы воды отбирали у о. Соностров (Кандалакшский залив, Белое море) в открытом море и у плантаций с мидиями.

Для исследования содержимого желудков было выбрано 5 размерных классов моллюсков: 30-39 мм, 40-49 мм, 50-59 мм, 60-69 мм, 70-79 мм длиной. Мидий отбирали с субстратов мидиевого хозяйства около о. Соностров. Для получения содержимого желудков, мидий вскрывали скальпелем, желудок разрезался вдоль, и пипеткой собиралось его

содержимое. Желудки промывали кипяченой морской водой, профильтрованной через газ (№ 29 - 38), полученные пробы фиксировались 4 % раствором формалина. В одной пробе находилось содержание 10 желудков одного размерного класса.

Всего в пробах воды и в желудках было обнаружено и определено 44 таксона водорослей. Видовое разнообразие фитопланктона в воде было не велико, и оказалось значимо выше в местах культивирования мидий (10 и 5 видов соответственно). По-видимому, это связано с непрерывным поступлением в воду биогенных элементов – результата жизнедеятельности моллюсков, такие данные широко известны.

Видовое разнообразие фитопланктона в желудках мидий (33 вида) намного выше, чем обнаруженное в воде (11 видов): основа таких различий – наличие в желудках большего количества бентосных видов (27 в желудках против 7 в воде). Бентосные формы диатомовых развиваются непосредственно на искусственных субстратах, используемых при культивировании мидий (многочисленные канаты, понтоны) и на самих друзах мидий. Многие бентосные виды, развивающиеся на различных сооружениях марихозяйства, по-видимому, достаточно сильно прикреплены к субстрату и не отрываются под влиянием гидродинамических воздействий, что доказывается их меньшим разнообразием в планктоне. Либо фильтрация мидиями окружающих вод происходит столь активно, что в результате видовое разнообразие и численность бентосных видов резко снижены в водных пробах по сравнению с их содержанием в желудках. При отборе проб воды в 1,5 м от субстратов мидиевого хозяйства, как в нашем случае, большинство бентосных форм диатомовых не попадает в орудие сбора. По-видимому, необходимо отбирать воду непосредственно вблизи культивируемых моллюсков, а также брать пробы с поверхности мидиевых створок и у субстратов к которым они прикреплены.

***Старков А.И., Полякова Н.В.*** Влияние солености на зоопланктон литоральных наскальных ванн Керетского архипелага Белого моря

Литоральные наскальные ванны широко распространены на побережьях Белого, Баренцева, Балтийского и других морей. Известно, что в связи со слабым развитием макрозообентоса в большинстве солоноватоводных водоемов трансформация вещества и энергии идет преимущественно по планктонным цепям. Поэтому в ходе комплексного изучения наскальных ванн Керетского архипелага Кандалакшского залива Белого моря в июне-августе 2004-2006 гг. нами были проведены рекогносцировочные исследования зоопланктона 30 наскальных солоноватоводных наскальных ванн на лудах Медянка и Седловатая. В результате была выбрана группа ванн (14-18 объектов) на которых в 2006 году произведено 6 съемок с интервалом в 10-15 дней (общее число проб достигает 120). Обработку

материала проводили по стандартным методикам планктонных исследований.

Соленость в отдельных ваннах в среднем за сезон колебалась в пределах от 0 до 26 промилле, а максимальная амплитуда составляла 36 промилле. На основании кластерного анализа данных по колебаниям солености за 2006 год выделено 3 группы ванн. Стоит отметить тот факт, что анализ водоемов по другим абиотическим характеристикам на данном этапе исследования не позволяет выделить какие-либо закономерности, которые было бы возможным использовать при их классифицировании. Оказалось, что разделение водоемов по видовому составу в целом соответствует примененной нами их формальной классификации по солености.

Таким образом, нами выделены три группы ванн.

1. Сильно опресненные, со средней за сезон соленостью 1-5‰. Это водоемы, расположенные на высоте 2-2,5 метра над уровнем моря, заплески здесь не регулярны в силу того, что эти водоемы защищены от прямого воздействия морской воды. Кроме того, здесь имеет место сток из расположенных выше пресноводных ванн, не имеющих связи с морем.

2. Типично солоноватоводные ванны со средней за сезон соленостью 12-17‰. Расположены они на высоте 2-3 метра над уровнем моря, причем здесь необходимо отметить, что их высота над уровнем моря может быть выше более пресноводных ванн. Это объясняется регулярными заплесками в силу высокой прибойной активности в этих участках литорали и высокой испаряемостью в жаркое время. Именно для этой группы отмечена максимальная амплитуда колебаний солености.

3. Ванны с морской водой, с соленостью в пределах 24-25‰. Здесь отмечены наиболее стабильные показатели солесодержания вод в течение сезона. В основном это ванны расположенные на высоте 1-2 м над уровнем моря и имеющие различную по выраженности, но постоянную связь с морем. Часть из них заливалась во время прилива.

Морские и опресненные ванны характеризуются обедненным составом зоопланктона (28 и 26 видов). Величины обилия также обычно невысоки: 52 экз./л и 92 экз./л соответственно.

Наиболее богатым видовым составом, включающим 33 вида, отличались солоноватоводные ванны, где преобладают коловратки и веслоногие ракообразные. Для этих же водоемов характерны максимальные величины численности зоопланктона – в среднем 173 экз./л, максимальные значения – 800 экз./л. Преобладающей группой являются Copepoda, причем достаточно большую роль играют Harpacticoidae, в частности Harpacticus uniremis, периодически составляя до 90-100% от общих показателей обилия.

Итак, анализируя вклад различных групп в общую численность зоопланктона, в ряду от пресноводных водоемов к морским мы видим увеличение доли Harpacticoida (от 10 до 70 % соответственно).

Одновременно с этим происходит уменьшение доли ветвистоусых ракообразных.

Сезонная динамика величин обилия в целом не выражена. Сейчас же мы имеем не столько закономерную динамику видового состава и величин обилия, сколько реакцию системы на постоянно меняющуюся абиотическую составляющую. Ключевым фактором здесь выступает соленость, которая в свою очередь обусловлена температурой и количеством атмосферных осадков. Мы постоянно имеем дело с разнонаправленностью процессов динамики количественных показателей зоопланктона и особенно массовых форм, как внутри одной ванны, так и между ними. Этот факт требует дальнейшего осмысления при дополнительном материале. Возможно, расширение периода исследований даст более полную картину изменения структурных характеристик сообществ зоопланктона в течение сезона.

**Стрелков П.П., Католикова М.В., Лайус Д.Л., Андреев В.М., Федюк М.Л.**  
Дискриминация беломорских мидий *Mytilus edulis* L. и *M. trossulus* Gould.

Мидии *Mytilus edulis* и *M. trossulus* – близкие виды, сходные по морфологии, различаемые по молекулярно-генетическим признакам. В северных широтах *M. edulis* населяет атлантические побережья, *M. trossulus* – Тихий океан, Восточную Канаду, Балтийское море и некоторые районы Северного, Баренцевого и Белого морей. В Атлантике ареалы двух видов в значительной степени перекрываются, они вступают в интрогрессивную гибридизацию. Существует объективная проблема дискриминации особей и популяций двух видов. Дискриминация по морфологическим признакам ненадежна, к тому же требует сложного анализа скульптуры внутренней поверхности створок. Наличие в смешанных поселениях гибридов разных поколений делает 100% дискриминацию теоретически невозможной также и по генетическим признакам. Цель сообщения – познакомить с опытом выявления поселений и особей *M. edulis* и *M. trossulus* в Белом море. Материал - семь выборок из окрестностей пос. Умба (Кандалакшский берег), района крупнейших скоплений мидий в Белом море. Все мидии генотипированы по аллозимным локусам эстеразы-D, октопин дегидрогеназы, глюкоза-6-фосфат изомеразы и фосфоглюкомутазы. Известно, что различия по частотам аллелей между популяциями *M. edulis* и *M. trossulus* по этим локусам составляют 57-87 %. У моллюсков из части выборок определена окраска эпителия ноги и особенности структуры раковины - степень развития перламутрового слоя в районе лигамента. Эти признаки демонстрируют у мидий качественную изменчивость, ранее высказывались предположения, что частоты морф у разных видов могут различаться (Стрелков и др., 1995, Золотарев, Шурова, 1997). Классификация аллозимных генотипов проводилась с помощью программы STRUCTURE (Pritchard et al., 2000). Метод оценивает в выборке отклонения от ожидаемого при случайной рекомбинации аллелей по одним и тем же локусам и по разным локусам, на основании значений отклонений

реконструирует частоты аллелей в гипотетических родительских популяциях, оценивает вклад генофондов этих популяций в индивидуальные генотипы. Генотипы классифицировались на группы «*M. edulis*», «*M. trossulus*» и «гибриды», к последней относили особей, у которых вклад каждого из родительских видов превышал 5%. Эти группы сравнивались по частотам морф.

Выборки гетерогенны по частотам аллелей, морф окраски и структуры раковины, изменчивость по разным признакам между выборками является согласованной. Частоты аллелей в гипотетических родительских популяциях, выявленных STRUCTURE, близки к известным для чистых популяций *M. edulis* и *M. trossulus*. Доля «*M. edulis*» в беломорских выборках варьирует от 7 до 85%, «*M. trossulus*» - от 0 до 63%, «гибридов» от 11 до 31%. Если рассматривать материал в целом, то доля пурпурной морфы (однотонная черно-бурая окраска ноги) составляет 56% у «*M. edulis*», 65% у «гибридов» и 89% у «*M. trossulus*». Доля особей, у которых перламутровый слой развит вдоль всей длины лигамента, составляет 42% у «*M. edulis*» и 29% у «гибридов», у «*M. trossulus*» эта морфа не обнаружена. Доля особей, у которых перламутровый слой развит под лигаментом частично, составляет 58% у «*M. edulis*», 62% у «гибридов» и 38% у «*M. trossulus*». Моллюсков, у которых перламутровый слой не развит вдоль всей длины лигамента, среди «*M. edulis*» не обнаружено, у «гибридов» доля этой морфы составляет 10%, у «*M. trossulus*» - 63%. Исходя из этих оценок, были рассчитаны ожидаемые частоты морф в наших выборках. Сопоставление ожидаемых частот с наблюдаемыми в ряде случаев выявило существенные различия (до 20% по признаку структуры раковины и до 11% по признаку окраски ноги). По-видимому, генетическая структура выборок – не единственный фактор, определяющий частоты морф в поселениях. Тем не менее, признаки окраски эпителия ноги и развития перламутрового слоя под лигаментом оказываются наиболее надежными из всех известных для предварительной идентификации беломорских *M. edulis* и *M. trossulus* в полевых условиях.

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

Для формирования представлений о функционировании водных экосистем необходим надежный учет и оценка продукционных характеристик хищных беспозвоночных, к которым относятся многие личинки амфибиотических насекомых, в том числе и вислокрылок семейства Sialidae.

Макрозообентос малых озер Карельского побережья Белого моря довольно беден, в изученных водоемах отмечено от 20 до 40 форм при низких величинах обилия (до 3 тыс.экз./кв.м и 7 г/кв.м). По встречаемости и количественным показателям преобладали личинки хирономид, олигохеты, моллюски семейства Spaeriidae, а также личинки вислокрылок семейства

Sialidae. Общая численность и биомасса беспозвоночных в грунте более чем на порядок выше, чем на побегах водной растительности. При этом существенных различий по величинам обилия в разных ассоциациях растительности не отмечено.

Личинки вислокрылок, в изученных водоемах представленные одним видом - *Sialis morio*, достигают 25 мм в длину, обычны на глубинах от 0,5 до 2,0 м, где их встречаемость в дночерпательных пробах составляет 50-70%. По нашим данным, личинки сиалид нередко доминируют в составе макрозообентоса зарослевой литорали, предпочитая находиться на грунте, а не на листьях и побегах. Так, доля личинок сиалид в общей биомассе макробентоса Нижней Летней ламбы на грунте в зоне 10 выделенных ассоциаций водной растительности достигала 70-80%, в среднем - около 40%. При этом на побегах водной растительности личинки сиалид отмечены лишь в 2 ассоциациях из 10, а их доля в биомассе не превышала 20-25%. В озерах Тростяное и Большое личинки сиалид играли меньшую роль, их доля в общей биомассе в среднем составляла от 4 до 6%.

По нашим данным, в водоемах Северной Карелии вислокрылки имеют унивольтинный жизненный цикл: в 2006-2007 гг. размерная структура личинок *Sialis morio* имела мономодальный характер с закономерным увеличением ширины головной капсулы в августе-сентябре от 1,2 до 1,7 мм, а средней массы тела - с 9,5 до 19,5 мг. Это позволило рассчитать удельную скорость весового роста  $C_w$ , которая по нашим данным изменялась от 0,016-0,025 за сутки.

По литературным данным в водоемах умеренной зоны личинки вислокрылок, веснянок и стрекоз не имеют зимней остановки роста. Таким образом, П/Б – коэффициенты личинок семейства Sialidae составляют 5,8-9,1 за год. Это вполне сопоставимо с продукционными показателями водных личинок насекомых с семи- и унивольтинным жизненным циклом в водоемах умеренной зоны, приведенных в монографии С.М.Голубкова (2000).

Доля личинок *Sialis morio* в продукции хищного макрозообентоса в среднем для зарослевой литорали оз. Большое составила 16%, оз. Тростяное -28%, а для Нижней Летней ламбы достигала 81%, что свидетельствует о высокой роли вислокрылок в биотическом балансе литоральной зоны малых озер Карельского побережья Белого моря.

**Фатеев Д.А., Стогов И.И.** Сапробиологический анализ структуры зообентоса и качество воды реки Летняя (Карельский берег Белого моря)

Река Летняя, одна из многочисленных малых рек Северо-Запада России, общей протяженностью около 21 км, расположена в 10 км от Морской биостанции СПбГУ и является удобным объектом для комплексных гидробиологических исследований. До середины 60-х годов прошлого века здесь осуществляли сплав леса, который не мог не сказаться на структуре

биоты этой небольшой реки. Предметом нашего внимания стали донные ценозы нижнего течения реки, протяженностью около 2 км от ее истока из оз. Нижнее Летнее до впадения в губу Летняя пролива Глубокая салма Белого моря.

Основой работы послужили сборы макрозообентоса нижнего участка р.Летней, проведенные студентами биолого-почвенного факультета во второй половине июля 1996-2006 гг. и специалистами кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ 1990-2006 гг.

Всего в составе зообентоса реки Летняя отмечено около 40 видов и таксонов беспозвоночных, наиболее представлены личинки комаров семейства Chironomidae и двустворчатые моллюски семейства Sphaeriidae. Общая численность макрозообентоса невелика и, как правило, не превышала 4 тыс.экз./кв.м. Среди донных беспозвоночных отмечено 23 формы индикаторов сапробности, преобладают олиго- и бета-мезосапробы (14 форм). Общий анализ списка индикаторных форм свидетельствует об умеренном загрязнении воды р.Летняя органическим веществом.

В настоящей работе проведен анализ качественных и количественных сборов донных беспозвоночных. Интересно, что список видов-индикаторов по качественным и количественным материалам несколько различался. Это связано с тем, что качественными методами учет проводили в прибрежной зоне на глубинах не более 1,5 м на каменистых и песчаных грунтах. Количественный учет зообентоса проводили на мягких грунтах и глубинах около 2,5-3 м. Однако, несмотря на различия в видовом составе, индексы сапробности Пантле-Букка оказались достаточно сходными: 1,71 для качественных и 2,21 для количественных данных, что позволяет охарактеризовать воды нижнего течения р.Летней как слабо загрязненные органическими веществами. Доля олигохет в общей численности донных беспозвоночных нижнего участка р.Летняя по материалам 2003-2005 г. не превышала 43 %, в среднем составив около 10%, по олигохетному индексу Гуднайта-Уитли воды нижнего участка р.Летней могут быть отнесены в разряд хороших, практически не загрязненных органическим веществом.

Таким образом, в настоящее время, через 30 лет после окончания лесосплава по р.Летней, структура донных ценозов и качество воды нижнего течения р.Летняя типичны для ненарушенных водных объектов Карелии и Северо-Запада России.

**Чернова Е.Н., Примаков И.М.** К вопросу о пространственно-временной неоднородности в распределении зоопланктона Керетской губы Кандалакшского залива Белого моря

Летом 2006-2007 гг. в Керетской губе были проведены исследования, направленные на изучение распределения зоопланктона по акватории в связи с приливно-отливными явлениями. Они включали в себя отбор

зоопланктонных проб, а также наблюдения за гидродинамическими (скорость и направление течений) и физико-химическими (температура и соленость) условиями в губе. Зоопланктон отбирали вертикальными протяжками с горизонтов 0-3 м, 3-10 м и 10-20 м с помощью замыкающейся сети Джеди (газ № 63, диаметр входного отверстия – 36 см). Пробоотбор осуществлялся с двух лодок каждые полчаса синхронно. При этом одна лодка была установлена на якорь в устьевой части Керетской губы (ст. 6), а вторая перемещалась ей навстречу от реки Кереть (ст. 1-5). По данной схеме было проведено две съемки в период отлива. Кроме того, еще три съемки были выполнены на исследуемой акватории с использованием одной лодки, продвигающейся по трансекте вдоль Керетской губы. Две из этих съемок также приходились на отлив, а одна осуществлялась в период прилива.

Гидрологические исследования проводились совместно с океанологами факультета географии и геоэкологии СПбГУ. Океанологические параметры оценивались в течение всего приливно-отливного цикла на двух стационарных станциях: в куту Керетской губы и в проливе Средняя Салма.

В результате анализа гидрологических данных было показано, что временная изменчивость термогалинных характеристик в Средней Салме в течение приливно-отливного цикла очень незначительна. Напротив, в вершинной части губы, под воздействием приливного течения происходит опускание прогретых распресненных вод вглубь водной толщи, что свидетельствует о высокой турбулентности потоков на данном участке.

По данным зоопланктонных исследований можно предположить, что на акватории Керетской губы, как правило, наблюдаются две области повышенного обилия зоопланктона: в Средней Салме (ст. 6) и в куту губы (ст. 1). С началом отлива пятно из кута губы постепенно перемещается по направлению к устью. Наряду с этим зоопланктон всей водной толщи акватории, для которой характерны приливно-отливные течения, движется к выходу из губы и частично задерживается в Средней Салме благодаря морфометрии губы и рельефу дна (узость пролива и наличие порога). За счет этого происходит формирование второй области повышенного обилия зоопланктона. С наступлением прилива события развиваются в обратной последовательности. Приливное течение гонит зоопланктон, скопившийся в проливе, вглубь губы. При этом скопление значительно растягивается. С приближением фазы полной воды в куту вновь формируется пятно зоопланктона. Этому способствуют гидрологические условия данной области (наличие зоны активной турбулентности), о чем было сказано выше.



**Братова О.А.** Находка в Белом море: новый вид рода *Henricia* (Echinodermata, Asteroidea) или внутривидовая изменчивость?

Видовое определение морских звезд рода *Henricia* до сих пор остается сложной задачей. В настоящее время в работах по фауне иглокожих Белого моря звезды этого рода сводятся к виду *Henricia sanguinolenta* или, более осторожно, к комплексу видов рода *Henricia* (как *Henricia* sp.). Это связано с высоким уровнем морфологической изменчивости хенриций, образующих локальные формы, более или менее отличающиеся по ряду признаков.

В систематике хенриций используют следующие признаки: форма игл, их количество в группах (или псевдопаксиллах), строение вентрального скелета, общая форма тела звезд.

Форма игл является наиболее стабильным признаком. Для одних видов характерны крупные иглы, притупленные на конце и не несущие длинных отростков, для других - мелкие, с длинными отростками (шипами), образующими корону. В покровах дорсальной поверхности иглы могут быть распределены равномерно или сгруппированы в псевдопаксиллы. Количество игл в псевдопаксиллах разных видов варьирует от 3 до 40 штук.

В вентральном скелете хенриций всегда присутствуют амбулакральные, адамбулакральные, вентролатеральные, нижнемаргинальные, вставочные и верхнемаргинальные ряды пластинок. Амбулакральные и адамбулакральные ряды тянутся на всем протяжении луча. Другие ряды пластинок могут идти не по всей длине луча, а заканчиваться либо на половине, либо на  $\frac{3}{4}$  длины луча.

Форму тела хенриций обычно описывают отношением длин радиуса ( $R$ ) к интеррадиусу ( $r$ ). Так, соотношение  $R/r$  у длинноручевых форм равно 5, у короткоручевых - 2. Средние значения колеблются в районе 4. Величина  $R/r$ , по-видимому, подвержена внутривидовой изменчивости и не может служить надежной аллометрической характеристикой вида.

Ревизия видов рода *Henricia* северных морей и их подробное описание были сделаны Дженсениусом Мадсенем (Madsen, 1987) без учета материала из Белого и Баренцевого морей. Нами было показано, что в Белом море (в районе Керетской губы и губы Чупа) обитает два массовых вида – *H.perforata* и *H.sanguinolenta* (Братова, 2005, 2007). Кроме того, в данном районе был обнаружен единичный экземпляр вида *H.eschrichti* (Братова, 2007).

В сборах 2007 года, произведенных при помощи легководолазной техники, на глубине 10 метров, была найдена звезда, которая по своим признакам не соответствует ни одному из видов, описанным Мадсенем, но может быть отнесена к группе «*pertusa*» (Madsen, 1987). Эта звезда имеет широкий диск и тонкие лучи. Иглы расширяются к дистальному концу. В покровах исследованной особи присутствуют иглы с тремя и бóльшим количеством шипов (до 10). Иглы собраны в группы по 10-12 штук. Вентролатеральные

ряды пластинок тянутся до уровня трех четвертей луча, вставочные ряды заканчиваются на уровне одной трети луча, а верхне- и нижнемаргинальные ряды идут до его конца.

В настоящее время мы не можем утверждать, что найденная звезда является представителем нового вида в составе рода *Henricia*. Однако значения всех основные признаков найденной особи (в особенности форма игл) сильно отличаются от характерных для других видов рода *Henricia* из северных морей. В связи с этим сомнительно, что обнаруженные морфологические особенности этого экземпляра укладываются в рамки внутривидовой изменчивости уже известных видов. Для прояснения ситуации требуются дополнительные сборы и исследование звезд обитающих на глубинах около 10 и более метров.

**Вишняков А.Э., Ересковский А.В., Кутерницкая Е.А.** Симбиотические бактерии беломорской губки *Halisarca dujardini* и их влияние на морфогенетические процессы этой губки

Симбиоз с бактериями, явление, широко распространенное в животном мире. Представители типа Porifera могут вступать в симбиотические отношения с разнообразными организмами – представителями Cnidaria, Turbellaria, Nemertinea, Sipuncula, Polychaeta, Mollusca, Crustacea, Pycnogonida, Echinodermata, Ascidiacea и Pisces (Duarte and Nalesso, 1996). Однако отношения губок с прокариотами примечательны тем, что все исследованные до настоящего времени виды губок имеют симбиотические ассоциации с одним или более видами бактериальных симбионтов (Althoff *et al.* 1998; Sara *et al.* 1998; Lopes *et al.* 1999; Hentschel *et al.*, 2006; Taylor 2007). Симбиотические бактерии располагаются, главным образом, в матриксе мезохила и физически отделены от морской воды пинакодермой. Различные виды губок заселены бактериями различных морфотипов (Boury-Esnault *et al.*, 1992; Muricy *et al.* 1996, 1999; Hentschel *et al.* 2001) и принадлежат приблизительно к половине известных в настоящее время зубактериальных фил и к обеим главным линиям архей (Hentschel *et al.*, 2006; Taylor *et al.*, 2007). Электронно-микроскопическое изучение губок *Halisarca dujardini* Johnston (Porifera, Demospongiae, Halisarcida), обитающих в Белом море, показало присутствие во взрослых губках и их зародышах бактерий только одного морфотипа (Ereskovsky *et al.*, 2005). Целью настоящего исследования было изучение влияния симбиотических бактерий *H. dujardini* на процесс регенерации губок после диссоциации их тканей на отдельные клетки.

Материал собирали в сублиторали Чупинской губы Белого моря в летний сезон.

В экспериментах по изучению регенерации *H. dujardini* мацерацию тканей производили механическим протиранием фрагментов губок в чашки Петри через сито с ячейей 100 мкм. Образующиеся слизистые тяжи коллагена с прикрепленными к ним клетками удаляли, в результате чего на дне чашек

Петри оставались отдельные осевшие клетки. Наблюдение за образованием клеточных агрегатов осуществляли несколько раз в сутки с помощью бинокулярной лупы. Для инактивации симбиотических бактерий использовали антибиотик пенициллиновой группы ампициллин с рабочей концентрацией 5 и 10 мкг/мл. Раствор ампициллина, как и воду в чашках Петри с контролем, обновляли раз в сутки. Эксперименты по влиянию антибиотика на формирование агрегатов проводили, добавляя ампициллин через 30-60 минут после диссоциации тканей, либо протирали ткани губок сразу в морскую воду с ампициллином. Для каждой концентрации антибиотика и контроля брали по 5 повторностей. Наблюдение продолжали в течение недели. Строение бактериальных симбионтов *H. dujardini* исследовали с помощью ТЭМ и СЭМ. Подготовка материала для электронно-микроскопического исследования производилась по стандартной методике.

Симбиотические бактерии *H. dujardini* представлены одним морфотипом клеток. Они имеют спиральную форму, длину около 0.45 мкм и толщину около 0.2 мкм. Клеточная стенка состоит из двух мембран, разделенных заметным периплазматическим пространством. Цитоплазма гетерогенна по своему составу: на периферии она имеет среднюю электронную плотность, ближе к центру - почти электронно-прозрачная. Центральная часть клетки содержит электронно-плотный широкий тяж нуклеоида.

Из суспензии клеток губок в течение первых 20-30 минут начинают образовываться группы клеток, из которых, в течение суток, формируются агрегаты сферической формы размером от 100 мкм до нескольких мм. В некоторых агрегатах на просвет видны закладывающиеся хоаноцитные камеры. В экспериментах по блокированию жизнедеятельности симбиотических бактерий агрегаты не формировались в течение всего периода наблюдения (7 дней) только когда ткани губок протирались в воду с ампициллином. Если раствор ампициллина добавлялся в воду через 20-30 минут после получения суспензии клеток, то формирование агрегатов в опыте не отличалось по внешним критериям от контроля.

Поскольку ампициллин – антибиотик, подавляющий только синтез ферментов и белков, участвующих в формировании клеточной стенки бактерий, можно, со значительной степенью вероятности, исключить его влияние непосредственно на клетки губок. Отсутствие влияния антибиотика на развитие клеточных агрегатов после начала их формирования также говорит в пользу этого предположения. В соответствии с проведенными наблюдениями, можно предполагать зависимость процессов восстановления целых губок из суспензии клеток от присутствия симбиотических бактерий и их нормальной жизнедеятельности.

Работа поддержана грантом РФФИ № 07-04-01097.

**Дробышева И.М.** Сравнительное исследование цилиогенеза у турбеллярий из двух таксонов

ЗИН РАН

Многоресничность покровов плоских червей (Plathelminthes) рассматривается как значимый признак филума, поэтому изучение способов воспроизводства базальных телец в эпидермисе турбеллярий представляется важным и актуальным для возможной ревизии филогенетических схем. В данной работе цилиогенез исследовался у *Friedmaniella* sp. (Prolecithophora) и *Geocentrophora wagini* (Lecithoepitheliata).

Эпидермис *Friedmaniella* sp. клеточный, однослойный, ресничный, с базальной мембраной (БМ). У *G. wagini* тело покрыто однослойным ресничным эпителием погруженного типа: каждая эпидермальная клетка состоит из тонкой эпидермальной пластинки над БМ и погруженного в паренхиму клеточного тела с ядром – цитона. Цитоплазма эпидермальных клеток взрослых *Friedmaniella* sp. и *G. wagini* обычно содержит структуры, характерные для дифференцирующихся ресничных клеток: центриоли, корешки и аксонемы. Центриоли разбросаны по всей клетке и встречаются вблизи любых органелл. У *Friedmaniella* sp. они чаще наблюдаются среди рибосом около аппарата Гольджи (АГ). У *G. wagini* центриоли обнаружены в эпидермальной пластинке, в цитоне, в соединяющем их цитоплазматическом мостике; в цитоне центриоли, как правило, локализованы недалеко от АГ и шероховатого эндоплазматического ретикулума. На срезах эпидермальных клеток обоих видов видны как одиночные центриоли, так и группы из двух – трех органелл, расположенных произвольно по отношению друг к другу. Аксонемы распределяются в клетках беспорядочно и лежат непосредственно в цитоплазме или внутри вакуоли, причем у *G. wagini* они встречаются только в эпидермальных пластинках, а в цитонах не найдены.

Наряду с центриолями разной степени зрелости, у *Friedmaniella* sp. обнаружены относительно аморфные образования, похожие на локальные сгущения цитоплазмы. Такое сгущение состоит из филаментов или фибрилл, спрессованных в общую массу средней электронной плотности. Филаментозное скопление (ФС) неоднородно как по толщине и плотности филаментов, так и по величине узелков или фиброзных гранул, образованных этими филаментами, а максимальный размер ФС сопоставим с величиной центриоли. ФС расположены поодиночке и группами, встречаются также смешанные группы из ФС и центриолей. Кажется, что центриоль зарождается внутри самого ФС.

В эпидермальных клетках *G. wagini* структуры, подобные ФС, не обнаружены, но имеются небольшого размера сравнительно плотные тельца – фиброзные гранулы (ФГ). ФГ обычно лежат скоплениями, в каждом скоплении – от нескольких единиц до нескольких десятков ФГ. Кроме кластеров из одних ФГ, наблюдаются группы ФГ в комплексе с центриолями. В отдельном комплексе присутствует от одной до трех центриолей или

процентриолей, иногда отличающихся по размерам и степени зрелости. По-видимому, эти картины отражают стадии формирования центриолей в кластерах из фиброзных гранул.

Умножение центриолей в дифференцированных эпидермальных клетках половозрелых *Friedmaniella* sp. и *G. wagini* наводит на мысль о непрерывном возобновлении израсходованных ресничек и их базальных телец. Отсутствие собственного камбия в эпидермисе плоских червей, рост и восстановление покровов за счет стволовых клеток, хранящихся и пролиферирующих в паренхиме, возможно, только способствуют усилению регенеративных свойств на субклеточном уровне, тем самым продлевая сроки существования специализированной ресничной клетки. При этом предшественниками процентриолей в разных таксонах плоских червей могут быть и не идентичные морфологические структуры, но массовое умножение центриолей, вероятно, всегда происходит ацентриолярным путем.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 06-04-48544).

**Генельт-Яновский Е.А., Назарова С.А., Кобылков Д.С.** Закономерности в распределении некоторых видов макробентоса литорали Мурманского побережья Баренцева моря: агрегации или градиенты?

Пространственное распределение большинства бентосных беспозвоночных носит неравномерный характер вследствие неоднородности местообитаний. Для литоральных экосистем типичен градиентный характер распределения основных параметров среды от нуля глубин к верхнему горизонту, и, одновременно, их мозаичность в пределах отдельных горизонтов.

Целью данного исследования была оценка характера неоднородности в распределении на илисто-песчаных отмелях Мурманского побережья Баренцева моря восьми видов макрозообентоса: *Macoma balthica*, *Mytilus edulis*, *Cerastoderma edule*, *Mya arenaria* (Mollusca); *Crangon crangon*, *Pseudolibrotus littoralis*, *Gammarus* sp. (Crustacea), *Priapulidus caudatus* (Priapulida). Исследования проведены в августе и октябре 2007 г. в кутовых участках губ Ярнышной, Дальне-Зеленецкой, и Пала-губы. Пробы отбирали по в пределах участков размером 7,5x12м, с определением координат каждого образца (точкой отсчета служил один из углов участков). При обработке данных для каждого участка рассчитывали индекс структурности (отношение дисперсии к средней арифметической). Для анализа размеров агрегаций были построены коррелограммы, основанные на коэффициенте пространственной автокорреляции Морана. Наличие градиентов определяли с использованием корреляционного анализа Кенделла между координатами проб и обилием вида в каждой пробе.

Расчеты индекса структурности, показали, что распределение *C. crangon*, в Пала-губе, было случайным ( $I_s=1,09$ ); бокоплав *Pseudolibrotus littoralis* и

*Gammarus* sp. на литорали Дальнего пляжа распределены агрегированно ( $I_s=2,80$  и  $3,41$  соответственно); *Priapulus caudatus* в Пала-губе распределены агрегированно ( $I_s=2,89$ ); характер распределения *Mya arenaria* и *Mytilus edulis* на Дальнем пляже был сходным - случайный ( $I_s=0,92$  и  $0,95$  соответственно), однако в г.Ярнышной отличался – агрегированный у *M. edulis* ( $I_s=37,48$ ) и случайный у *M. arenaria* ( $I_s=0,91$ ). Распределение *M.balthica* в Пала-губе и г.Ярнышной было агрегированным ( $I_s=5,78$  и  $3,66$ , соответственно), а на литорали Дальнего пляжа – случайным ( $I_s=1,08$ ). Распределение *S.edule* оказалось случайным во всех точках ( $I_s=1,00$  – Пала-губа,  $0,89$  – г.Ярнышная,  $1,2$  – Дальний пляж).

Метод пространственных автокорреляций дал иную (на наш взгляд, более точную) оценку распределения некоторых видов, позволяя при этом оценить и размеры агрегаций. Так, по данным этого анализа для *S. edule* оказалось характерно наличие агрегаций размером 3-4 м на литорали Пала-губы и Ярнышной; агрегации *M. edulis* и *M. Arenaria* размером 5 и 2 м, соответственно, были выявлены на Дальнем пляже. Наиболее крупный размер агрегаций (9 м) установлен для *M. balthica* в г.Ярнышная.

Для трех видов (*M. balthica*, *M. edulis*, *P. caudatus*) автокорреляционный анализ показал наличие градиентов численности, что было подтверждено результатами корреляционного анализа. Горизонтальные градиенты были выявлены в распределении *M. balthica* и *P. caudatus* на литорали Пала-губы: численности *M. balthica* растёт в направлении русла ручья ( $\tau = 0,55$ ), тогда как для *P. caudatus* характерно обратное ( $\tau = -0,47$ ). В губе Ярнышная Численность *M. edulis* увеличивается ( $\tau = 0,49$ ) в направлении плотного поселения мидий, расположенного вдоль ручья на расстоянии около 10 метров от исследованного участка.

Таким образом, характер распределения изученных видов различался в исследованных точках. Для большинства оказалось характерно наличие агрегаций. Распределение численности трех видов характеризовалось наличием градиентов, ориентированных вдоль берега. Единственным видом, в размещении которого оба метода не выявили наличие агрегаций и градиентов, является *S. crangon*. Различия в результатах расчета индекса структурности и автокорреляционного анализа свидетельствуют о том, что индекс структурности не является достаточным для анализа распределения данных видов на Мурмане.

Авторы выражают благодарность за помощь и внимание к работе А.И.Грановичу, Н.В.Максимовичу, Администрации Кандалакшского государственного заповедника и участникам Баренцевоморских экспедиций СПбГУ.

**Грачева Ю.А., Гранович А.И., Михайлова Н.А.<sup>1</sup>** Анализ частоты межвидовых спариваний в копулирующих парах морских гастропод рода *Littorina* комплекса “*saxatilis*”

<sup>1</sup> Институт цитологии РАН, С.-Петербург

Виды-двойники *Littorina saxatilis*, *L. arcana* и *L. compressa* совместно обитают на литорали Баренцева моря. *L. compressa* отличается от двух других видов деталями строения половой системы. Ситуация с *L. saxatilis* и *L. arcana* менее ясна. Если самки этих видов хорошо идентифицируются по особенностям строения паллиальной части гонодукта, то для самцов ясных видовых критериев до сих пор не обнаружено. Это сильно затрудняет анализ механизмов репродуктивной изоляции между видами и решение вопроса о возможности межвидовой гибридизации. Наличие обнаруженного авторами видоспецифичного к *L. arcana* молекулярного маркера позволяет предпринять исследование возможности межвидового скрещивания указанных видов-двойников.

В 2007 году проведен анализ частоты межвидовых спариваний в копулирующих парах из природных популяций литторин побережья Баренцева моря (пос. Дальние Зеленцы). Собрано 149 копулирующих пар в сезон размножения моллюсков. Каждый партнер пары был измерен (высота раковины) и вскрыт. Для каждой пары достоверно можно было идентифицировать только самку (по наличию эмбрионов в выводковой сумке - *L. saxatilis* или слизистой железе паллиального органа - *L. arcana*). Образцы тканей всех партнеров были зафиксированы для последующего анализа ДНК. Нами идентифицированы 49 пар, в которых обоими партнерами выступали самцы. Высокий процент гомосексуальных пар (24.5%) отмечен впервые для литторин. Еще в 36 парах один из партнеров заражен трематодами. Такие пары были исключены нами из анализа, поскольку известно, что паразиты могут изменять поведение моллюсков. Среди оставшихся пар, при помощи метода ПЦР было идентифицировано до вида 64 пары. Среди 24 пар, в которых самка была морфологически идентифицирована как *L. arcana*: 16 пар *L. arcana* ♀ (PCR +) x *L. arcana* ♂ (PCR +), 5 пар *L. arcana* ♀ (PCR +) x *L. saxatilis* ♂ (PCR -), 3 пары *L. arcana* ♀ (PCR -) x *L. arcana* ♂ (PCR +). Среди 40 пар, в которых самка была морфологически идентифицирована как *L. saxatilis*: 19 пар *L. saxatilis* ♀ (PCR -) x *L. saxatilis* ♂ (PCR -), 9 пар *L. saxatilis* ♀ (PCR -) x *L. arcana* ♂ (PCR +), 12 пар *L. saxatilis* ♀ (PCR +) x *L. saxatilis* ♂ (PCR -). Всего обнаружено 14 межвидовых спариваний (5 пар *L. arcana* ♀ (PCR +) x *L. saxatilis* ♂ (PCR -) и 9 пар *L. saxatilis* ♀ (PCR -) x *L. arcana* ♂ (PCR +). Это - 21.8% от общего числа гетеросексуальных пар. Полученный результат может свидетельствовать о возможности межвидовой гибридизации у видов-двойников. Кроме того, очевидно, что для части моллюсков определения по анатомическим характеристикам не совпадают с проявлениями молекулярного маркера. Наличие таких «исключений», частота встречаемости которых в совместных популяциях *L. saxatilis* и *L. arcana* составляет 10-18 %, наблюдалось нами и ранее. Мы полагаем, что

это следствие наличия в природных популяциях межвидовых гибридов. О возможности такой гибридизации и жизнеспособности гибридов поколения F1 свидетельствуют экспериментальные данные (Warwick et al., 1990). Предположение о существовании гибридов объясняется обнаружением 14 межвидовых спариваний, подтвержденных молекулярно-генетическими методами. Важно отметить, что среди 149 копулирующих пар обнаружена лишь одна пара, партнерами в которой выступали самцы *L.compressa*. Это – существенный факт, который свидетельствует о том, что *L.compressa* не участвует в межвидовых спариваниях среди близких видов комплекса “*saxatilis*”.

Отметим, что сама по себе возможность гибридизации близких видов не удивительна. Однако в данном случае речь идет о проявлении различных репродуктивных стратегий у видов-двойников *L.saxatilis* и *L.arcana*. *L.saxatilis* характеризуется яйцеживорождением, *L.arcana* откладывает кладки. Если множественная гибридизация в природных популяциях двух видов будет доказана, можно будет говорить об уникальной ситуации: существовании системы из двух видов-двойников, характеризующихся интенсивным генетическим обменом и при этом обладающих двумя различными репродуктивными стратегиями.

Работа поддержана грантом РФФИ №07-04-01376а

**Кранивин В.А., Бахмет И.Н.<sup>1</sup>, Лезин П.А.<sup>2</sup>** Влияние симбиотической немертин *Malacobdella grossa* (Muller, 1776) на сердечную ритмику и вододвигательную активность двустворчатого моллюска *Arctica islandica* (L).

<sup>1</sup>Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск

<sup>2</sup>Зоологический институт РАН

*Bdellonemertea* - специализированная группа немертин, обитающих в мантийной полости двустворчатых моллюсков. Самый распространенный представитель отряда - *Malacobdella grossa* (Muller, 1776) отмечен в 28 видах двустворок, в том числе - в беломорской *Arctica islandica* (L., 1767). Установлено, что основную пищу немертин составляет фитопланктон, отфильтровываемый из мантийной полости хозяина. При этом ряд авторов указывает на отсутствие повреждений тканей зараженных моллюсков. Все это говорит о комменсальном характере взаимоотношений. Однако сомнительно, чтобы присутствие крупного симбионта не отражалось бы на физиологическом состоянии хозяина. С целью выявления такого влияния, мы сравнили 2 физиологических параметра зараженных и незараженных *A. Islandica*: особенности сердечного ритма и вододвигательную активность.

Моллюски для исследования были собраны в сублиторали (глубина около 8 м) в районе Керетского архипелага Белого моря. В экспериментах использовали моллюсков с длиной раковины более 28 мм, так как особи меньших размеров в этом районе обычно не заражены. Перед началом эксперимента животных акклиматизировали к лабораторным условиям. В



эксперименте по изучению сердечного ритма было исследовано 13 моллюсков - 6 зараженных и 7 незараженных (длина раковины – 31,2-39,2 мм). В эксперименте по определению вододвигательной активности – 59 моллюсков, 25 зараженных и 24 незараженных (28,2-42,2 мм). Для определения достоверности различий использовался t-критерий Стьюдента, пороговый уровень значимости – 0,05.

При изучении сердечного ритма была использована методика дистантной регистрации изменения объема сердечной мышцы (подробно описана у Deplege, Andersen, 1990). Регистрация проводилась ежечасно в течение 2 суток, продолжительность каждой регистрации – 30 секунд. Впоследствии была рассчитана частота сердечных сокращений (ЧСС). ЧСС у экспериментальных моллюсков варьировала от 0 до 8,1 уд./мин., составляя, в среднем,  $2,9 \pm 2,2$  уд./мин. Время от времени сердечная активность *A. islandica* прекращалась, а потом возобновлялась. Периоды покоя наблюдались у всех экспериментальных моллюсков. Их продолжительность варьировала у разных особей в пределах от 1 до 9 часов. У зараженных моллюсков такие периоды достоверно длиннее, чем у незараженных ( $2,7 \pm 0,8$  и  $1,7 \pm 0,8$  час,  $p=0,05$ ). Различий между зараженными и незараженными особями по количеству периодов молчания и средней ЧСС не выявлено.

Для расчёта вододвигательной активности определяли площадь открытого сифона моллюсков и скорость выводного потока, измерявшуюся микротермисторным методом (Лезин, Халаман, 2005). Отношение объема потока к влажному весу особи у зараженных моллюсков оказалось ниже, чем у незараженных ( $8,5 \pm 4,39$  и  $13,5 \pm 10,21$  (л/час)/гр,  $p=0,03$ ), причем средние веса зараженных и незараженных моллюсков достоверно не отличались.

Таким образом, по крайней мере, в стрессовых условиях лабораторного эксперимента зараженные моллюски демонстрируют существенно более низкие значения исследованных физиологических параметров, чем незараженные. Это показывает, что высказанное в литературе мнение об отсутствии влияния *M. grossa* на хозяина недостаточно обосновано. Вполне возможно, что различная реакция на стресс зараженных и незараженных особей имеет место и в природных популяциях *A. islandica*, что может влиять на выживаемость моллюсков при резком изменении условий.

**Краснодембская А.Д., Овчинникова Т.В.<sup>1</sup>, Алешина Г.М.<sup>2</sup>, Мальцева А.Л., Кокряков В.Н., Краснодембский Е.Г.** Анализ экспрессии генов антибиотических пептидов полихеты *Arenicola marina* - ареницинов.

<sup>1</sup> НИИ биоорганической химии, Москва

<sup>2</sup> НИИ экспериментальной медицины РАМН, Санкт-Петербург

Защитные реакции беспозвоночных и примитивных позвоночных животных полностью осуществляются совокупностью факторов врожденного

иммунитета, очень важными компонентами которого являются антибиотические пептиды.

Эти вещества обнаруживаются в органах и тканях, для которых наиболее вероятен контакт с внешним патогеном, (поверхностные и слизистые эпителии, фагоцитарные клетки, гемолимфа и целомическая жидкость), что косвенно свидетельствует в пользу их участия в обеспечении неспецифической антимикробной резистентности.

Ранее из препаратов целомоцитов пескожила *Arenicola marina* нами были впервые выделены и охарактеризованы новые антибиотические пептиды ареницины -1 и 2. В данной работе нами проведен анализ экспрессии генов этих пептидов на уровне мРНК и белкового продукта.

Анализ образцов мРНК, выделенных из различных тканей животного методом ОТ-ПЦР, показал, что на уровне транскрипции экспрессия ареницинов наблюдается только в целомоцитах.

Для исследования экспрессии генов пептидов на уровне белкового продукта были получены поликлональные антитела кролика к ареницинам (эти пептиды отличаются по одной аминокислоте). Специфичность связывания препарата очищенных с помощью аффинной хроматографии антител с ареницинами доказана методом Western-blot.

Иммуноцитохимический анализ препаратов мазков целомической жидкости показал, что ареницины обнаруживаются в цитоплазматических гранулах целомоцитов. На препаратах фагоцитоза *in vitro* прослеживается совместная локализация пептидов и клеток микроорганизма (или гранул зимозана) в целомоцитах, это может служить косвенным доказательством участия ареницинов в процессе фагоцитоза.

Иммуногистохимические исследования локализации ареницинов в других тканях животного показали, что на уровне белкового продукта данные пептиды выявляются только в целомоцитах. Интересной деталью является инфильтрация ареницин-позитивными целомоцитами кишечного эпителия. Таким образом, данные, полученные с помощью ОТ-ПЦР, были подтверждены иммунологическими методами, что является убедительным доказательством целомоцит-специфической экспрессии ареницинов.

Нами была так же произведена попытка выявить изменение уровня экспрессии генов ареницинов в целомоцитах в ответ на индукцию организма пескожила различными агентами. Иммунизация животных производилась разными способами с использованием препаратов, как убитых, так и живых клеток микроорганизмов. Предварительные данные, полученные с помощью ПЦР в реальном времени, позволяют сделать вывод о том, что экспрессия ареницинов носит конститутивный характер и не зависит от внешних воздействий.

Данная работа была выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-04-01424.

**Кузнецов И.А., Корсун С.А.** Бентосные фораминиферы Белого моря: выбор субстрата и прижизненное положение

Фораминиферы арктических шельфов весьма основательно изучены в таксономическом отношении. Закономерности их распределения исследованы в меньшей степени, но более или менее понятны. Что же касается их аутоэкологии, то эти сведения отрывочны. С целью восполнить этот пробел, мы проводили наблюдения над бентосными фораминиферами, собранными на глубинах 0-80 м в акватории губы Чупа Кандалакшского залива. Объекты содержались в течение нескольких недель в лабораторных условиях.

Фораминиферы, раковина которых снабжена единственным устьем (*Miliammina*, *Quinqueloculina*, *Ovammmina*, *Polymorphina*, *Lagena* – это представители разных отрядов) – ведут малоподвижный образ жизни. Немногие, например *Miliolinella*, прикрепляются псевдоподиями к жесткому субстрату, при этом всегда обращены к нему устьем. Большинство видов обитают в мягкой осадке и аккумулируют около устья комки мелкодисперсного детрита, при этом раковины, как правило, ориентированы случайным образом по отношению к поверхности осадка.

Мы обнаружили около десяти трудных для идентификации (вероятнее всего неописанных) видов с мягкой органической раковиной, как на литорали, так и ниже нуля глубин. Те, что обладают нитевидным телом, поселяются внутри пористых объектов, таких как кусочки мертвой древесины. Виды с компактным телом, как правило, склеивают вокруг себя частицы определенного размера – от пелита до гравия – и тогда сильно напоминают фекальные пеллеты или комочки грунта. Находящееся внутри этого кожуха тело выглядит как неправильной формы комочек цитоплазмы. Фораминиферы с органической раковиной весьма многочисленны, но малозаметны.

В составе беломорской фауны раковиной с дополнительными устьями обладают представители эльфидиид. Стенка их многокамерной известковой планоспиральной раковины пронизана сложной системой каналов и лакун с наружными отверстиями, разбросанными по всей или почти по всей поверхности. У эльфидиид мощные пучки псевдоподий могут брать начало не только от устья, но и от любого участка поверхности раковины. Эти фораминиферы проявляют наибольшую пластичность во взаимодействии с субстратом. Примитивные представители со слабо развитой канальной системой (*Haynesina orbiculare*, *Elphidium asklundi*) ограничены в выборе биотопа – они обитают только в поверхностном слое илистого грунта, где они всегда аккумулируют вокруг раковины детритный кокон. Эльфидииды с хорошо развитой канальной системой (например, *Elphidium Williamson*) имеют широкий спектр местообитаний. При этом, в илистом и песчаном осадке они также агглютинируют вокруг раковины кокон из посторонних частиц (поэтому живые особи гораздо менее заметны наблюдателю, чем

пустые раковины). Эти же виды активно перемещаются по субстратам, формирующим сеть – по нитчатым водорослям или трубкам мелких полихет. Один вид (*Elphidium subarcticum*) облигатно селится на жестких субстратах, предпочитая обильно ветвящиеся водоросли, такие как *Ptilota* или *Chaetopteris*.

Самый заметный представитель фораминифер в Белом море – *Cibicides lobatulus*. Его трохоспиральная плоско-выпуклая известковая раковина неподвижно прикреплена к жесткому субстрату, в качестве которого могут выступать самые разнообразные неживые и живые объекты: камни, обломочный карбонат, макрофиты. Различные представители макробентоса предоставляют поверхность для плотных поселений этого вида: гидроиды, двустворчатые моллюски, хитоны, мшанки, асцидии и др. В специальной литературе встречаются утверждения, что этот вид способен населять и мягкие грунты; однако, мы не обнаружили неприкрепленных живых индивидуумов. Многие особи *C. lobatulus* окружают свою прикрепленную раковину валиком детрита, от которого отходят детритные тяжи, стелющиеся по субстрату. Эти агглютинированные структуры, очевидно, служат чехлом для псевдоподиальных стволов.

Результаты наших наблюдений позволяют сделать предварительный вывод о том, что конструктивные особенности раковины влияют на выбор местообитания и характер взаимодействия фораминифер с субстратом.

**Левакин И.А.<sup>1</sup>, Исакова Л.П.<sup>2</sup>** Различия во взаимодействии церкарий *Himasthla elongata* со вторыми промежуточными хозяевами (*Mytilus edulis* и *Macoma baltica*)

<sup>1</sup>ЗИН РАН; <sup>2</sup>РГПУ им. А.И. Герцена

Было изучено инцистирование церкарий *Himasthla elongata* в гемолимфе *Mytilus edulis in vitro* для 764 комбинаций составленных из 162 особи *M. edulis* и 48 «клонов» *H. elongata*, полученных от 48 особей *Littorina littorea* по ранее опубликованной методике (Горбушин, Левакин, 2005). Для экспериментального заражения 143 особей *M. edulis* с длинной раковины около 2 см и 34 особей *Macoma baltica* было отобрано 6 «клонов» церкарий *H. elongata*. Метацеркарий *H. elongata* в тканях экспериментально зараженных моллюсков подсчитывали через сутки. Мидий заражали 10 церкариями *H. elongata*, а маком - 100 церкариями *H. elongata*. Статистическая значимость различий долей определялась при помощи двустороннего точного критерия Фишера и при помощи  $\chi^2$ -критерия. Доверительные интервалы долей вычислялись по точной формуле Фишера (Животовский, 1991) для 95% уровня значимости.

Выделенные по успеху инцистирования в гемолимфе мидий *in vitro* группы «клонов» (1-2-3 и 4-5-6) церкарий высокодостоверно ( $P < 0.01$ ) отличались по общему успеху инцистирования в случайно взятых особях *Mytilus edulis* и

*Macoma baltica in vivo* (Рис. 1). Первая группа церкарий («клоны» 1, 2 и 3) демонстрировала низкий успех инцистирования как при помещении в гемолимфу мидий [41% (38.6-43.4%)], так и при экспериментальном заражении *in vivo* мидий [51.1% (47.4-54.8%)] и маком [33.3% (30.5- 6.1%)]. Вторая группа церкарий («клоны» 4, 5 и 6) демонстрировала высокий успех инцистирования в гемолимфе мидий *in vitro* [97.3% (96.6-97.8%)] и высокий успех инцистирования *in vivo* как в мидиях [64.1% (60.4-67.6%)], так и в маках [49.8% (45.8-53.9%)]. Влияния размера особи хозяина на успех инцистирования церкарий *in vitro* и *in vivo* выявить не удалось.

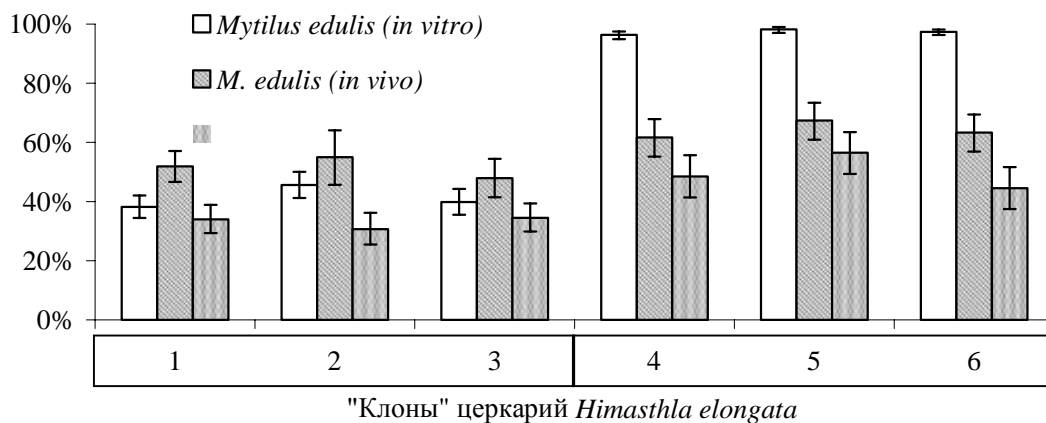


Рис.1. Общий успех инцистирования церкарий разных «клонов» (по оси абсцисс) в разных видах вторых промежуточных хозяев *in vivo* и в гемолимфе мидий *in vitro*.

Можно предположить, что церкарии 1, 2 и 3 «клонов» обладали повышенной чувствительностью к токсическому действию гемолимфы мидий (Рис. 1). Учитывая, что эти церкарии («клоны» 1, 2, 3) менее успешно заражают как мидий, так и маком, можно сделать вывод, что разные «клоны» церкарий преодолевают защитные механизмы хозяина с различной эффективностью. С другой стороны, при экспериментальном заражении мидий *in vivo*, церкариям необходимо не только противостоять защитным механизмам хозяина, но и решать весь спектр задач, связанных с процессом заражения до вступления в контакт с внутренней средой хозяина. Этим, возможно, объясняется меньший успех инцистирования «клонов» 4, 5 и 6 *in vivo* по сравнению с инцистированием *in vitro* (Рис. 1). Действительно, церкарии «клонов» 4, 5, 6 превосходят церкарий «клонов» 1, 2, 3 по успеху инцистирования в гемолимфе мидий *in vitro* почти в 2.5 раза, и только в 1.3 раза по успеху заражения мидий *in vivo*. Поскольку использованные церкарии *H. elingata* всегда заражали маком менее эффективно, чем мидий, можно предположить, что мидии служат более специфичным хозяином, по крайней мере, для изученных «клонов» церкарий.

Исследование выполнено при поддержке грантов РФФИ № 07-04-01675 и ИНТАС № 05-1000008-8056.

**Мальцева А.Л., Алешина Г.М.<sup>1</sup>, Краснодембская А.Д., Кокряков В.Н., Краснодембский Е.Г.** ArFln-1 – антимикробный пептид из целомоцитов морской звезды *Asterias rubens*

<sup>1</sup> НИИ экспериментальной медицины РАМН, Санкт-Петербург

В кислых экстрактах (рН 2), полученных из целомоцитов морской звезды *Asterias rubens*, нами было идентифицировано восемь пептидов с антимикробной активностью. Для пяти из них была определена аминокислотная последовательность. Анализ этих последовательностей показал, что все пептиды являются производными других белков. Один из пяти секвенированных пептидов (масса 2028 Да) был выбран в качестве объекта для более подробного изучения. Секвенирование данного пептида было произведено в Институте клеточной биохимии и клинической нейробиологии Клиники Гамбургского Университета. Оно не позволило полностью установить первичную структуру: были определены 16 аминокислот из 17, аминокислота в позиции 16 осталась неизвестной: VKKFNRQIPGSPFKIXV. Поскольку состав аминокислот не был определен полностью, оставалось также неизвестным, является ли валин V<sub>17</sub> последней аминокислотой в пептиде, или имеется еще один остаток. Сравнительный анализ показал, что пептид имеет значительное сходство (около 70%) с филамином А (FlnA) морского ежа и позвоночных и был обозначен ArFln-1. Для определения полной последовательности выделенного пептида было проведено клонирование соответствующей части гена филamina морской звезды. Сравнение последовательностей участков генов филamina различных позвоночных и филamina морского ежа, которые кодируют наиболее близкий по структуре пептид, позволило найти наиболее консервативный вариант, на основании которого был синтезирован прямой праймер. Использование данного праймера (в паре с олиго-дТ праймером) позволило клонировать последовательность длиной 119 пн (исключая праймеры), по которой была прочитана полная последовательность пептида:

AAG AAG TTC AAC AGG CAG ATC CCT GGC AGC CCC TTC AAG ATC ATT GTC GGC  
K K F N R Q I P G S P F K I I V G

Пептид представляет собой концевую часть иммуноглобулинового повтора филаминового типа и расположен ближе к С-концу молекулы филamina. К клонированной последовательности были синтезированы специфичные праймеры для оценки уровня экспрессии филаминового гена у иммунизированных (24 ч присутствия ЛПС в целомической полости) животных по сравнению с контрольными (инъекция эквивалентного объема стерильной морской воды) методами ПЦР и Northern blot (для уравнивания количества РНК или кДНК в пробах использовался ген актина). Исходя из уровня амплификации ПЦР-продукта, можно сделать вывод о значительном увеличении уровня экспрессии гена филamina в ответ на попадание ЛПС в полость тела морской звезды. Northern-blot подтвердил увеличение уровня экспрессии филаминового гена у иммунизированных животных. В результате гибридизации в целомоцитах было выявлено присутствие пяти различных

продуктов, включающих кодирующую исследуемый пептид последовательность: 1150 нт, 1600 нт, 2200 нт, 3000 нт, 4000 нт. В целомоцитах иммунизированных животных наблюдается увеличение уровня экспрессии всех пяти продуктов. Контрольная гибридизация позволила определить размер транскрипта актина морской звезды *Asterias rubens*. Полученный нами размер транскрипта – 2200 нт - приблизительно соответствует таковому морской звезды *Pisaster ochraceus* (2300 нт для цитоплазматического актина).

Данная работа была выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-04-01424.

**Мальцева А.Л., Кокряков В.Н., Краснодембский Е.Г.** Фагоцитарная активность целомоцитов морской звезды *Asterias rubens* и влияние на нее антимикробного пептида ArFln-1

Популяция форменных элементов целомической жидкости (ЦЖ) *Asterias rubens* является более или менее гомогенной, подавляюще доминирующим по численности типом клеток являются амебоциты. У всех иглокожих амебоциты характеризуется выраженной способностью к фагоцитозу.

Нами были проведены эксперименты по изучению уровня фагоцитарной активности целомоцитов морской звезды *Asterias rubens*, направленные на оценку индивидуальной изменчивости данной активности у интактных звезд. Также ЦЖ была исследована на наличие в плазме факторов облегчающих фагоцитоз. Фагоцитарная активность оценивалась в условиях *in vitro* (оригинальная методика разработана Горбушиным А.М. с соавт., см. Iakovleva et al., 2006) в присутствии нативной плазмы целомической жидкости (ПЦЖ), освобожденной от целомоцитов центрифугированием. В качестве негативного контроля рассматривалась фагоцитарная реакция в стерильной морской воде (СМВ) и ПЦЖ, прединкубированной с тестовыми частицами (зимозан) («гетерогенная» ПЦЖ, т.к. была собрана у нескольких животных). Для сравнения уровня фагоцитарной активности были использованы пять животных. В каждом случае (нативная ПЦЖ, гетерогенная ПЦЖ, СМВ) было сделано по пять повторностей для каждой звезды. Фагоцитарный индекс (PI%) рассчитывался как доля фагоцитировавших из общего числа (300-500) целомоцитов на каждом из препаратов.

Результаты показали, что уровень фагоцитарной активности значительно варьирует у разных животных, но не зависит от среды протекания реакции. Ни для одного из пяти протестированных животных не было выявлено достоверных отличий между уровнем фагоцитоза при трех различных условиях, т.о. нет оснований предполагать наличие в ПЦЖ опсонизирующей активности в отношении частиц зимозана (табл.).

№	PI% в нативной ПЦЖ	PI% в гетерогенной	PI% в СМВ
1	49.8±8.6	54.5±6.3	51.6±5.2
2	24.2±2.8	19.9±7.6	23.3±5.8
3	57.2±6.8	52.6±5.0	56.5±9.4
4	64.5±5.2	58.5±8.5	53.6±7.1
5	27.0±10.2	26.2±5.3	23.9±1.8

Также была проверена возможность появления опсонизирующих факторов в ответ на ранение: трем животным была нанесена травма (удаление дистальной 1/3 луча на двух руках из пяти). Далее через разные промежутки времени после начала эксперимента у раненных животных производился забор ЦЖ, которая использовалась для оценки фагоцитарной активности по описанной выше схеме. Как и в первом эксперименте, ни в одном случае не было выявлено достоверных изменений в величине PI в зависимости от среды протекания фагоцитарной реакции или срока после ранения. При этом было подтверждена достоверная зависимость фагоцитарной активности от особи (табл.).

№	Среда	Время(ч)						
		0	5	9	20	29,5	54	76
1	Нативная ПЦЖ	23.1±8.2	22.1±7.6	24.8±13.0	25.0±9.3	25.7±6.5	22.7±6.2	23.7±4.9
	Гетерогенная	24.4±5.8	21.7±6.8	28.0±10.6	28.8±11.2	22.8±8.4	27.4±7.5	22.5±6.6
	СМВ	25.5±6.7	28.0±8.5	22.5±1.6	23.5±15.5	27.3±2.4	30.3±6.7	19.4±6.8
2	Нативная ПЦЖ	31.1±14.8	28.7±7.9	30.6±7.8	30.6±6.2	33.8±5.2	-	33.9±8.1
	Гетерогенная	31.7±9.7	29.9±5.2	31.3±5.0	32.4±6.8	29.4±9.4	-	30.4±15.3
	СМВ	28.7±6.7	31.4±5.3	30.0±9.3	29.5±4.9	33.9±5.7	-	31.5±2.0
3	Нативная ПЦЖ	26.6±5.3	26.0±6.0	29.0±5.4	25.0±11.0	24.9±7.4	24.6±5.1	26.8±1.5
	Гетерогенная	25.2±5.0	28.6±3.6	26.3±5.3	26.6±7.7	24.8±5.2	26.7±2.4	28.9±7.1
	СМВ	24.7±6.1	29.1±9.4	28.7±5.1	29.2±8.9	24.5±6.1	25.2±4.5	25.7±3.0

Кроме того, была протестирована возможность влияния на уровень фагоцитарной активности целоцитов со стороны нескольких соединений (называемых далее активаторами). Влияние активаторов оценивалось в условиях *in vitro* против СМВ как негативного контроля. В качестве активаторов были использованы антимицробный пептид, выделенный из целоцитов *Asterias rubens* – ArFln-1 (2.5 μM), ЛПС (20 нг/мл) и БСА (как негативный контроль, 2.5 μM). Поскольку в ходе предварительных экспериментов нами были выявлены достоверные различия между особями в уровне фагоцитарной активности, усреднение результатов экспериментов проводилось не по абсолютной величине PI, а по коэффициенту увеличения PI относительно PI в СМВ (IC). Достоверные изменения в уровне фагоцитарной активности целоцитов были выявлены в двух случаях – в присутствии ArFln-1 и в присутствии ЛПС (табл.).

Время	IC % (ArFln-1)	IC % (БСА)	IC % (ЛПС)
5	1.7±3.2	5.9±5.2	2.3±3.4
45	23.2±6.5	6.6±7.0	25.3±4.7
100	34.9±5.9	-6.1±3.8	35.1±5.4



Предполагаемый механизм активации целоцитов со стороны ArFln-1 – неспецифическое воздействие на мембрану клетки и изменение ее проницаемости, наподобие воздействия АТФ на иммунокомпетентные клетки млекопитающих. Подобное воздействие может представлять собой один из возможных путей активации клеточного защитного ответа в очаге воспаления через неспецифический «сигнал тревоги» о гибели клеток в организме.

Данная работа была выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-04-01424.

**Маньлов О.Г.** Изучение мускулатуры брюхоресничных червей (Gastrotricha) методом флуоресцентной микроскопии

Общее строение мускулатуры брюхоресничных червей (Gastrotricha) изучали методом флуоресцентной микроскопии тотальных препаратов, окрашенных TRITC-фаллоидином. Всего исследовано 11 видов из разных филогенетических линий Gastrotricha: *Macrodasys buddenbrocki* (Macrodasysidae), *Lepidodasys* sp., *Mesodasys* sp., *Cephalodasys subterraneus* (Planodasyidae), *Tetranchyroderma* sp. (Thaumastodermatidae), *Turbanella cornuta*, *T. lutheri*, *Paraturbanella intermedia* (Turbanellidae), *Neodasys chaetonotoideus* (Neodasyidae), *Xenotrichula velox* (Xenotrichulidae) и *Halichaetonotus* sp. (Chaetonotidae). Все виды собраны в литорали и верхней сублиторали в окрестностях МБС СПбГУ.

Наблюдаемое расположение мышечных элементов в целом соответствует схеме, построенной ранее по данным электронной микроскопии. Среди продольных мышц у всех изученных видов выделяются два мощных вентролатеральных пучка, которые тянутся от кольца, окаймляющего ротовое отверстие, до хвостовых прикрепительных трубочек. Эти пучки сходятся позади анального отверстия, образуя более или менее явную комиссуру; у видов с раздвоенным задним концом тела некоторые продольные мышцы перекрещиваются. Часть мышц из главных пучков подходит к передним прикрепительным трубочкам, в то время как боковые трубочки не связаны напрямую с элементами мускулатуры. Кольцевые мышцы у всех представителей отряда Macrodasysida развиты слабо и обычно расположены равномерно по всей длине тела. Спиральные элементы в стенке тела отсутствуют. Так называемые дорсовентральные мышцы не образуют отдельную систему, а представляют собой выросты клеток кольцевой мускулатуры. У представителей отряда Chaetonotida кольцевые мышцы не были обнаружены. Сократимые органы половой системы, как правило, обособлены от мускулатуры стенки тела (кроме семявыносящих протоков у Turbanellidae, которые сформированы ответвлениями кольцевых мышц).

В мышечной обкладке глотки и передней части кишки у всех изученных видов были выявлены спиральные волокна. Ранее такие волокна были обнаружены у двух видов брюхоресничных червей; наши данные позволяют считать, что они имеются во всех крупных филогенетических линиях

данного типа. Частота расположения спиральных мышц и угол, образуемый ими с продольной осью тела, достаточно стабильны в пределах рода или семейства. Можно предположить, что спиральные мышцы участвуют в процессе заглатывания пищевых частиц, работая как антагонисты эпителиально-мышечных клеток стенки глотки, а также поддерживают форму глотки и передней части тела. Наличие спиральных мышечных волокон вокруг глотки и кишки, по-видимому, является синапоморфией типа.

У *Lepidodasys* sp., *Turbanella cornuta* и *Neodasys chaetonotoideus* был исследован также Y-орган, который принято рассматривать как гомолог дорсальных продольных мышечных лент. Актиновые филаменты, о наличии которых в клетках Y-органа ранее сообщали некоторые авторы, не были обнаружены на нашем материале. У представителей рода *Turbanella* впервые описаны довольно мощные дорсолатеральные продольные мышцы, которые прикрепляются к мышечным обкладкам глоточных пор. Сокращение этих мышц, вероятно, обеспечивает характерную для *Turbanella* поисковую реакцию (резкие покачивания переднего конца тела, приподнятого над субстратом).

Общая топография мускулатуры достаточно сходна у всех изученных видов, что подтверждает монофилию *Gastrotricha*. Анализ деталей ее строения не дает достаточных оснований для реконструкции филогении группы в целом, но позволяет сделать некоторые выводы относительно отдельных таксонов. В частности, наиболее архаичными чертами характеризуется мышечная система *Lepidodasys*, а наиболее специализированной выглядит мускулатура *Thaumastodermatidae* и *Turbanellidae*. Строение мускулатуры *Neodasys chaetonotoideus* (*Chaetonotida Multitubulatina*) позволяет предположить, что эти брюхоресничные черви происходят от укороченных форм (сходных с *Chaetonotida Paucitubulatina*) и вторично приобрели сильно вытянутое лентовидное тело.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант 07-04-00192)

### **Паскерова Г.Г.** Низшие споровики полихет Белого моря

Происхождение группы *Sporozoa* остается до сих пор неясным. Предполагается, что предковые для этого таксона формы были паразитами кольчатых червей, и наиболее близки к ним нынешние примитивные грегарины, обитающие в полихетах. Дальнейшая экспансия грегаринов шла по пути приспособления к паразитированию в других морских, а затем в пресноводных и наземных беспозвоночных. Кокцидии, вероятнее всего, берут начало от тех же предковых форм, однако эволюция кокцидий направлена на выработку особого комплекса адаптаций, необходимого для обитания в высших позвоночных животных. Таким образом, можно полагать, что наиболее примитивных споровиков необходимо искать именно среди паразитов полихет.

В разные годы на Морской биологической станции СПбГУ мы проводили работы по анализу фауны споровиков полихет. В результате этих работ 16 видов споровиков были зарегистрированы в 16 видах полихет. Кроме того, мы предприняли исследования биологии и тонкого строения 1 вида архигрегариин (*Selenidium* sp. из *Pygospio elegans*), 3 видов несептированных эугрегариин (*Lecudina* sp. из *Eteone longa*, *Siedleckia nematoides* из *Scoloplos armiger*, *Urospora ovalis* из *Travisia forbesii*) и 1 вида протококцидий (*Eleutheroschizon duboscqui* из *Scoloplos armiger*). Эти работы позволили сделать несколько обобщений.

Паразитофауна полихет представлена разнообразными формами низших споровиков: архигрегариинидами (отр. Archigregarinida), несептированными эугрегариинидами (Aseptata, отр. Eugregarinida) и протококцидиями (отр. Protococcidiida).

Общепризнано, что эволюция грегариин шла по пути становления внеклеточного кишечного паразитизма. Эволюция кокцидий, наоборот, представляет переход к внутриклеточному паразитизму; это помогло им распространиться среди позвоночных-хозяев. Для низших споровиков характерен как внутриклеточный, так и внеклеточный кишечный паразитизм. Исследованная нами протококцидия *Eleutheroschizon duboscqui* демонстрирует своеобразный способ экстрацитоплазматической внутриклеточной локализации, схожий с таковым у архигрегариин *Ditrypanocystis* sp. и кокцидий рода *Cryptosporidium* (Butaeva, Paskerova, Entzeroth, 2006). Однако в случае элеутерошизона сохраняется изолированность паразита и клетки хозяина друг от друга, при которой отсутствует непосредственный контакт клеточных мембран.

Эволюция прикрепительной органеллы низших споровиков совершалась на основе апикального конца спорозоида. Примитивным прикрепительным аппаратом можно считать мукрон у трофозоитов архигрегариин (*Selenidium*) и бластогрегариин (*Siedleckia*), в котором сохраняются основные органеллы апикального комплекса и который может участвовать в питании трофозоитов. Более сложный вариант прикрепительной органеллы встречается у трофозоитов несептированных эугрегариин (*Lecudina*): увеличивается площадь контакта с клеткой хозяина, повышается прочность контакта за счет развития дополнительных структур. Мукроны низших грегариин играют роль своеобразной присоски. У трофозоитов высших грегариин появляется новая прикрепительная структура – эпимерит, который, как правило, в питании не участвует и играет роль своеобразного якоря. Он формируется впереди апикального конца спорозоида и обычно не содержит органеллы апикального комплекса. Протококцидия *Eleutheroschizon duboscqui* имеет особый аппарат прикрепления, несхожий с мукронами грегариин.

В ходе эволюции низших споровиков усложняется организация покровов трофозоитов: от гладкого эпицита представителей родов *Selenidium* и

*Siedleckia* до эпицита представителей рода *Lecudina* с хорошо развитыми эпицитарными гребнями. С этим усложнением связан переход от нематодного типа движения к скользящему. У представителей рода *Urospora* вторично упрощается эпицит; для них характерен метаболирующий тип подвижности. Тип подвижности паразита является адаптивной чертой к паразитированию в определенном гостальном биотопе: для кишечных форм характерен нематодный или скользящий тип, для целомических форм – метаболирующий. Тканевые формы становятся неподвижными. Кортекс протококцидии *Eleutheroschizon duboscqui*, способной к метаболирующему движению, по морфологии и строению сходен с таковым у представителей рода *Selenidium*.

Низшие представители споровиков из полихет демонстрируют черты организации и биологии как грегариин, так и кокцидий. Так, *Siedleckia nematoides* – многоядерный подвижный внеклеточный паразит, характеризующийся отсутствием сизигия и мерогонии в ходе жизненного цикла и наличием почкования в течение всего гаметогенеза. Последнее отличает сидлецкию от кокцидий, у которых единственный гаметогенез приводит к полному истощению гамонтов. *Eleutheroschizon duboscqui* – довольно крупный подвижный протист, обладающий кокцидийным жизненным циклом, в котором отсутствует мерогония. Отсутствие мерогонии компенсируется множественным постгамным делением (в процессе спорогенеза). Положение в клетке-энтероците хозяина крайне необычно для кокцидий и грегариин и может быть определено как экстрацитоплазматическая внутриклеточная локализация. Наличие всех этих признаков приводит к тому, что *S.nematoides* и *E.duboscqui* с трудом укладываются в рамки традиционно выделяемых двух классов споровиков - Грегариин и Кокцидий.

Все вышесказанное еще раз подтверждает, что эволюция споровиков шла в двух направлениях:

1. Становление внутриклеточного паразитизма, отказ от полярности клетки-трофозоида, потеря подвижности на стадии трофозоида, усложнение жизненного цикла (включение мерогонии) - линия эволюции кокцидий.
2. Становление внеклеточного паразитизма, совершенствование локомоторного аппарата (сохраняется подвижность на большей протяженности жизненного цикла) и прикрепительной органеллы - направление эволюции грегариин.

Рассмотренные выше особенности организации низших грегариин и кокцидий подтверждают наличие гипотетического общего предка обеих групп, паразитировавшего, по-видимому, в близких к кольчатым червям беспозвоночных.

**Попова О.С., Хлебович В.В.<sup>1</sup>, Смуров А.О.<sup>1</sup>** Разработка тест-системы для биотестирования солоноватых вод.

<sup>1</sup>ЗИН РАН

Большая часть методик биотестирования, принятых в качестве Государственного стандарта Российской Федерации, разработана для пресных вод, в то время как выбор биотестов для морской среды остается весьма ограниченным. Еще меньшее число методов можно применить для исследования токсичности водных объектов, в которых существует градиент солености.

Удобным тест-объектом для биотестирования как пресных, так и солоноватых вод, по нашему мнению, могут быть виды эвригалинных парамеций: *Paramecium calkinsi*, *P. woodruffi*, *P. duboscqui* и *P. nephridiatum*.

Эвригалинные парамеции как тест-объекты обладают рядом достоинств: высокой чувствительностью к токсикантам, генетической однородностью клонов, высокой скоростью размножения, ярко выраженными таксисами, широкой толерантностью по отношению к температуре и солености и простотой содержания в лабораторных условиях.

Мы исследовали возможность использования *P. nephridiatum* (клон SR98-2, выделенный С.И. Фокиным в 1998 году на Белом море) в качестве тест-объекта. При этом изучалась реакция клеток на различные концентрации  $\text{Cu}^{2+}$  в процессе акклимации к пресной среде и среде соленостью 12‰.

В качестве тест-реакции была выбрана активность клеток, как наиболее чувствительная к влиянию токсикантов (Виноходов, 2007). Активность определялась по способности клеток передвигаться после переноса в новую соленость. Клетки, которые не двигались во время просмотра в течение 30 секунд, считались неактивными. При этом специальных действий, вынуждающих клетки двигаться не предпринималось.

Все клетки первоначально были акклимированы к пресной среде или к среде соленостью 12 ‰. Затем инфузории акклимировались к новой солености: адаптированные к пресной среде - к 12 ‰ и наоборот в течение 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96 и 120 часов. После выдерживания в новой солености в течение указанных интервалов времени инфузорий помещали в образцы воды аналогичной осмотичности, но разных концентраций ионов меди (0-4.5 мг/л). Долю активных клеток подсчитывали спустя час после перемещения.

Проведенные опыты не выявили заметного влияния концентрации ионов меди (менее 2 мг/л) на активность клеток при их акклимации к пресной среде. При более высоких концентрациях (2-4.5 мг/л) доля активных клеток сначала уменьшалась, достигая минимума к 3-му часу акклимации. Затем доля активных инфузорий возрастала, достигая максимума к 6-ти часам акклимации, после чего линейно уменьшалась практически до «0» к окончанию 5-х суток эксперимента (120 часов).

При акклимации к соленой среде (12 ‰), так же как и при акклимации к пресной, не было выявлено заметного влияния на активность клеток концентрации ионов меди (менее 2 мг/л). В более высоких концентрациях, после достижения минимальных значений к 3 часам после начала акклимации, доля активных инфузорий линейно возрастала, достигая максимума (30-45 %) на 5 сутки опыта.

Таким образом, нами была показана высокая чувствительность *P.nephridiatum* как тест-объекта при концентрациях меди в среде выше 2 мг/л, что вполне соответствует возможностям применяющихся в настоящее время тест-систем. Мы считаем, что чувствительность предлагаемой тест-системы можно повысить, если инфузорий заранее акклимировать к солености среды, соответствующей солености изучаемого водного образца.

**Раилкин А.И.** Турбулентность придонного слоя губы Чупа и ее влияние на формирование и функционирование бентосных сообществ

В результате многолетних исследований в губе Чупа (Кандалакшский залив Белого моря), выполнявшихся по грантам РФФИ на базе Морской биологической станции СПбГУ с 2001 г., были изучены: вертикальная структура прибрежных вод губы Чупа; население бентоса на твердых субстратах дна; динамика меропланктона в районе исследования; оседание и рост бентосных организмов; формирование и развитие сообществ бентоса при разных гидродинамических условиях, как естественных, так и экспериментальных. В ходе исследований были использованы традиционные гидробиологические методы, модифицирован метод окрашенной струи Р.В.Озмидова для измерения турбулентности, использован метод экспериментальных субстратов, а также специально разработанные и запатентованные установки для изучения формирования и развития сообществ на твердых субстратах в водах с течением, переменным по направлению и турбулентности. Анализ и обобщение полученных данных позволили прийти к следующим представлениям. Прибрежные воды характеризуются весьма динамичной термогалинной, скоростной и турбулентной структурой, динамика которой зависит главным образом от приливного цикла, атмосферных явлений (ветер, осадки, инсоляция) и астрономических условий (фазы Луны). На фоне общей динамики вод более стабильным является придонный слой. Одна из его важнейших особенностей – высокая турбулентность, существенно превосходящая турбулентность вышележащих слоев воды. Подтверждены известные данные о том, что горизонтальные турбулентные пульсации скорости течения выше, чем вертикальные пульсации. Уровень турбулентности придонного слоя обусловлен рельефом дна и населяющими его бентосными сообществами. Так, положительное влияние мидиевой банки на турбулентность придонного слоя вполне сопоставимо с влиянием на нее каменистого грунта (галечника). Выделено три группы бентосных сообществ: одни (мидиевые банки, заросли

фукусов) усиливают естественную турбулентность, другие (заросли ламинарий) ослабляют ее, третьи (сообщества губок, известковых водорослей, корковых мшанок) слабо влияют на турбулентность. Анализ экспериментальных данных дает основание разделить массовые виды (группы) бентоса по их отношению к фактору турбулентности на три группы: лучше оседающие в более турбулизированной среде, т.е. в условиях повышенной (или естественной) турбулентности (личинки полихеты *Circeis armoricana*, моллюска *Mytilus edulis*, мшанки *Lichenopora hispida*, красные, бурые и зеленые водоросли); лучше оседающие в условиях пониженной турбулентности (планулы *Aurelia aurita*) и мало чувствительные к этому фактору (инфузории *Folliculina*, личинки полихет, за исключением *C. armoricana*). По отношению к скорости течения организмы бентоса можно разделить на две группы: лучше оседающие при повышенной (например, красные, бурые и зеленые водоросли, полихета *Circeis armoricana*, мшанка *Lichenopora hispida*) и, напротив, лучше оседающие при пониженной турбулентности (планулы *Aurelia aurita*, полихеты, другие чем *C. armoricana*, моллюск *Mytilus edulis*). Даже относительно небольшие различия в отношении гидродинамической активности вод (скорости течения и турбулентности) оказываются достаточными для наблюдаемых различий в интенсивности оседания бентосных беспозвоночных и, следовательно, для создания разных стартовых условий формирования бентосных сообществ в биотопах с разной гидродинамикой. Изученные виды (бурые водоросли *Fucus vesiculosus*, *Laminaria saccharina* и *L. digitata*, гидроидные полипы *Gonothyrea loveni* и *Dynamena pumila*, моллюск *Hiatella arctica*) лучше росли в условиях повышенной турбулентности. Эти факты объясняются усиленным водообменом вследствие повышенной турбулентности, что создает более благоприятные условия для питания бентосных организмов, снабжения животных кислородом (водорослей углекислым газом), оттока их метаболитов.

Изучение влияния экспериментально сформированных бентосных сообществ на оседание личинок двустворчатых моллюсков (*Mytilus edulis*, *Hiatella arctica*, *Heteronomia squamula*) и асцидии *Molgula citrina* показало, что *Cladophora fracta* в несколько раз увеличивала количество животных, осевших на экспериментальные пластины, по сравнению с контролем (отсутствие сообществ), тогда как сообщество мидий фактически не влияло на оседание личинок указанных видов. На разных фазах приливного цикла предварительно было исследовано влияние типичных бентосных сообществ губы Чупа на содержание в морской воде аммонийного азота, фосфатов, кальция, растворенных аминокислот, суммарное содержание органических веществ (по перманганатной окисляемости). Было установлено, что мидии, образующие мидиевую банку в проливе Подпахта, потребляли кальций и фосфаты. Что касается аминокислот, то во время отсутствия выраженных течений (на малой и полной воде) наблюдалась тенденция выделения ими, а в периоды интенсивного движения воды, напротив, поглощения аминокислот.

Тем не менее, мидии оказывали слабое влияние на суммарное содержание органических веществ в воде. Сообщество губок на вертикальной скале в бухте Никольской, как и сообщество ламинарий в проливе Подпахта, увеличивали содержание в воде аминокислот. В дополнение к этому губки снижали содержание в воде неорганического азота и фосфатов и фактически не влияли на концентрацию кальция. Бытует мнение, что условия обитания на морском дне недостаточно благоприятны для питания, роста и развития бентосных организмов, так как в придонном слое имеется дефицит пищи и кислорода ввиду наличия там застойных зон. Настоящее исследование, напротив, показало, что бентосные организмы, населяющие твердые субстраты дна, активно формируют экологическую среду обитания, влияя на ее физическую и химическую структуру. Между придонным слоем и вышележащими слоями постоянно осуществляется турбулентный обмен, интенсивность которого зависит главным образом от фазы приливного цикла и типа эпибентосных сообществ, населяющих дно. Благодаря турбулентному обмену снимаются диффузионные ограничения на питание (и рост) бентосных организмов. Пополнение бентосных сообществ оказывается зависящим как от гидродинамики придонного слоя (и вышележащих слоев), так и от населяющих его сообществ. Автор благодарен всем, принимавшим участие в выполнении полевых и лабораторных исследований по представленной тематике.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №№ 01-04-48822-а, 05-04-48072-а и 07-04-10062-к.

***Раилкин А.И., Чикадзе С.З., Гагаринова Н.Г.*** Некоторые итоги работы ЦКП Морской аквариальной комплекс

Морской аквариальный комплекс (МАК) Биологического НИИ как Центр коллективного пользования (ЦКП) начал функционировать с декабря 2004 г. Уже в первый год были поставлены и успешно решены вопросы доставки биологического материала и морской воды с Белого моря. Для содержания в МАК были отобраны массовые эврибионтные виды. Была смонтирована и запущена постоянно действующая система очистки воды, включающая ее биологическую очистку. Для обеспечения совместного длительного содержания многих видов было осуществлено пространственное разделение пар хищник–жертва, а также консументов первого порядка и макроводорослей, служащих им пищей, в том числе, литорин и фукусов. Для всех объектов были подобраны температурные условия содержания. Вполне удовлетворительной для подавляющего большинства видов оказалась температура воды + 8-10 °С. Были выбраны подходящие световые режимы для многих, но не для всех, видов водорослей. В результате длительных наблюдений и исследований были оптимизированы абиотические условия содержания подавляющего большинства видов. В дополнение к этому для обеспечения устойчивого существования, роста (и размножения) основных



видов осуществляли систематический контроль и поддержание на требуемом уровне основных параметров морской воды в аквариумах, включая ее температуру, соленость, рН, содержание фосфатов, аммония, нитритов, нитратов и кальция. На основе специально организованных наблюдений и исследований были подобраны и унифицированы корма, а также выбран режим кормления основных видов. Экспериментально было установлено, что хищные беспозвоночные в течение всего периода наблюдений (для разных видов от одного до трех лет и более) нормально растут при их кормлении 2-3 раза в неделю замороженными мидиями, а фильтраторы – при кормлении с той же периодичностью личинками рачка артемии. Оптимальным кормом для спата и молоди двустворчатых моллюсков (и губок) оказалась взвесь микрообрастания, состоящая главным образом из бактерий, диатомовых водорослей и гетеротрофных жгутиконосцев. Комплексные научные исследования и оптимизация на их основе условий содержания животных и водорослей позволили обеспечить длительное и устойчивое существование в МАК многовидовых бентосных сообществ. В результате реализации указанных приемов содержания не менее 50 беломорских видов макроводорослей, беспозвоночных и асцидий продолжают расти (и около 20 % видов размножаются) на протяжении 1-3 лет, т.е. с момента их привоза с Белого моря. МАК является одной из успешно функционирующих структур, на базе которой могут реализовываться учебные и научные программы Биолого-почвенного факультета и Биологического института Петербургского университета. В настоящее время сотрудники МАК гарантировано обеспечивают возможности для выполнения поисковых, бюджетных и грантовых тем по заявкам 5 кафедр Биолого-почвенного факультета.

Исследования выполнены при финансовой поддержке грантов РФФИ №№ 05-04-48072-а и 07-04-10062-к.

**Фатеев А.Э., Никулинский Д.А.** Ресурсодобывающее поведение трёх видов полихет-фабрициин (Sabellidae, Fabriciinae), обитающих в акватории Керетского архипелага Белого моря

Ресурсодобывающее поведение (добыча пищевого материала и частиц для строительства жилой трубки) сабеллид подсемейства Fabriciinae изучено слабо. Современные представления о трофологической специализации этой группы базируются на результатах исследования двух видов - *Fabricia sabella* и *Manayunkia aestuarina*. При этом в поведении *Manayunkia aestuarina* был отмечен необычный для сабелломорфных полихет элемент - сбор пальпами материала с поверхности донного осадка. Впоследствии на основании этих наблюдений способность к поверхностной детритофагии была экстраполирована на подсемейство в целом. Несоответствие такого обобщения уровню фактической разработки вопроса заставляет вернуться к исследованиям трофологического аспекта поведения фабрициин.

Нами проведены лабораторные наблюдения поведения взрослых особей трёх видов (*Fabricia sabella*, *Fabriciola baltica*, *Manayunkia aestuarina*) в неразрушенных фрагментах литорального грунта в условиях низкой и высокой концентрации тонкодисперсной взвеси. В добыче полихетами жизненно необходимого материала участвует пальпарный аппарат (жаберный венчик - ЖВ) и вентральная лопасть воротничка (ВЛВ) перистомиального сегмента. У исследованных видов эти структуры отличаются морфологически, но их функции принципиально однотипны. Зоной активности ЖВ полихет является придонный слой воды. В ходе его фильтрации ресничные шнуры венчика генерируют микропотоки, приносящие взвешенный материал, осуществляют его захват и транспортировку к основаниям ЖВ, где происходит размерная сортировка на пищевую, строительную и отбрасываемую фракции. В обеднённой взвесью среде черви всех трёх видов способны к непрерывной фильтрации неограниченно долгое время. Переключения на использование иных источников тонкодисперсного материала не происходит. При высокой концентрации взвеси цилиатура ЖВ фабриций и фабрициол не способна транспортировать весь захваченный материал, что вынуждает червей прекращать фильтрацию. Последнее происходит в форме серий остановок работы цилиатуры (1) перемежающихся уходом червей в трубку (2). Хронология актов прекращения фильтрации (1 и 2) у этих видов существенно отличается. Фильтрационное поведение манаюнкий не зависит от концентрации суспензии. Целенаправленного использования полихетами ЖВ для захвата частиц донного осадка не выявлено. Вместе с тем, наблюдения показали, что фабриции и фабрициолы способны утилизировать материал донного осадка, но его захват осуществляется только с помощью ВЛВ, а поднятые частицы используются только для надстраивания жилой трубки.

ВЛВ всех трёх видов участвует только в строительстве трубки. При этом у манаюнкий на ВЛВ поступает только захваченный и отсортированный ЖВ из суспензии материал. Фабрициолы надстраивают трубку только подобранными с поверхности донного осадка частицами. Селекцию строительных частиц из материала, захваченного ЖВ из взвеси фабрициолы не производят. Фабриции используют оба источника строительного материала: придонную взвесь (захват и селекция с помощью ЖВ) и донный осадок (подбор частиц с помощью ВЛВ).

Наши наблюдения показали, что единственным источником пищевого материала для исследованных видов является придонная суспензия. Захват донного строительного материала фабрициями и фабрициолами производится только с помощью специализированного органа туловища червей - ВЛВ перистомиального сегмента. Этот механизм невозможно расценивать как этологическую гомологию добычи жизненно необходимого материала типичными собирающими детритофагами (отр. Terebellida). Таким образом, все три вида должны быть квалифицированы в трофологическом *sensu stricta* отношении как сугубые сестонофаги. Высказанное в литературе

мнение о свойственной фабрициноморфным сабеллидам способности к поверхностной детритофагии нельзя считать достаточно обоснованным.

**Хайтов В.М.<sup>1,2</sup>, Горных А.Е.<sup>2,3</sup>, Каменева М.О.<sup>2</sup>, Сарафанникова Т.Е.<sup>2</sup>**  
Влияние мидий на рост нитчатых водорослей

<sup>1</sup>Кандалакшский государственный природный заповедник

<sup>2</sup>Лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии) ЭБЦ «Крестовский остров»

<sup>3</sup>Кафедра Зоологии беспозвоночных СПбГУ

Известно, что наиболее благоприятными естественными субстратами для оседания молодежи мидий являются нитчатые водоросли. В ряде предыдущих исследований было показано, что на участках дна, занятых плотными поселениями мидий, периодически наблюдается массовое размножение этих водорослей, сопряженное с появлением молодежи моллюсков. В связи с этим встает вопрос: могут ли сами моллюски стимулировать рост водорослей? Для ответа на него летом 2007 г. было проведено две серии полевых экспериментов на илисто-песчаном литоральном пляже Южной губы о. Ряжкова.

Эксперимент 1. В первой декаде июня были выставлены цементные блоки (14 x 10 x 6 см), обтянутые делью с размером ячеей 5 мм. Блоки составляли три группы по 10 штук. К дели блоков первой группы (D) были прикреплены муляжи мидий (створки, скрепленные цементным раствором; средний размер  $28,6 \pm 0,30$  мм). На блоки второй группы (M) были высажены живые мидии тех же размеров, что и муляжи. Блоки последней группы (Z) были свободны от моллюсков. Средний вес водорослей, выросших на блоках после 73 дней экспозиции, в серии M ( $8,7 \pm 1,30$  г.) был достоверно выше, чем на блоках серий D и Z ( $4,7 \pm 0,94$  и  $3,3 \pm 0,76$  г., соответственно). Различия между последними двумя средними недостоверны.

Эксперимент 2. На литорали были установлены пластиковые контейнеры (14 x 10 x 6 см), затянутые сверху делью с размером ячеей 5 мм. В 5 контейнеров (серия ML) было высажено по 20 экземпляров крупных живых мидий (средний размер  $29,0 \pm 0,49$  мм); в 5 контейнеров (серия MS) - 100-120 живых мелких мидий ( $13,1 \pm 0,14$  мм); в 5 контейнеров (серия DL) было помещено по 20 муляжей крупных мидий ( $31,1 \pm 0,69$  мм); в 5 контейнеров (серия DS) - 100-120 муляжей мелких мидий ( $15,5 \pm 0,09$  мм). Последняя серия из 4 контейнеров (Z) не содержала ни живых мидий, ни муляжей. Из литоральных матов нитчаток (преимущественно *Enteromorpha intestinalis*), были отобраны пучки водорослей, взвешенные после высушивания на фильтровальной бумаге, и помещены в экспериментальные и контрольные контейнеры. Средний вес водорослей, помещенных в контейнеры в начале эксперимента, составил  $1,44 \pm 0,047$  гр. После 18 дней экспозиции водоросли были вновь взвешены. Для каждого садка было вычислено отношение веса водорослей в начале и конце эксперимента. Полученную величину прироста

далее использовали в двухфакторном дисперсионном анализе. В качестве факторов использовали размер моллюсков, присутствовавших в садке (крупные или мелкие), и состояние мидий (живые или муляжи).

Величина прироста водорослей в садках, содержащих живых мидий, оказалась в среднем в 2.5-3 раза выше, чем в садках, содержащих муляжи и пустых. Дисперсионный анализ выявил существенное влияние на величину прироста водорослей только фактора «состояние» моллюсков (живые или муляжи) (табл.).

Таблица. Средние значения величины прироста веса водорослей в садках разных серий.

Серия контейнеров	ML+MS	DL+DS	Z
Средняя величина прироста	2,6 ± 0,30	0,8 ± 0,17	1,0 ± 0,18

Таким образом, данные, полученные в двух экспериментах, свидетельствуют о том, что в присутствии живых мидий рост нитчатых водорослей идет существенно интенсивнее. Это позволяет предположить, что периодические всплески обилия водорослей на мидиевых банках могут быть индуцированы жизнедеятельностью самих моллюсков.

#### Физиология и биохимия растений

**Тараховская Е.Р., Маслов Ю.И.** Специфика усвоения маннита у *Fucus vesiculosus* L. и *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis (Phaeophyta).

В отличие от высших растений, подавляющее большинство водорослей является миксотрофными организмами: в дополнение к фотосинтетическому питанию они способны усваивать многие органические субстраты, такие как сахара, органические кислоты, жирные кислоты, одно- и многоатомные спирты. Особенности поглощения и усвоения многоатомных спиртов (полиолов) водорослями в настоящее время недостаточно изучены, несмотря на то, что эти соединения играют ключевую роль в метаболизме представителей отделов Phaeophyta и Rhodophyta. Наиболее часто встречающимся полиолом в растениях является маннит. Это основной растворимый продукт фотосинтеза бурых и красных водорослей. Содержание маннита в фукоидах относительно велико и составляет от 20 до 45 мг/г сыр. веса. Но до сих пор остается нерешенным вопрос, способны ли эти водоросли во взрослом состоянии поглощать и усваивать экзогенные органические субстраты, и в первую очередь – маннит. Ранее нами было показано (Тараховская, Маслов, 2005), что обработка 0,5% маннитом вызывает метаболическую репрессию у эмбрионов *Fucus vesiculosus*, выражающуюся в снижении содержания фотосинтетических пигментов, ключевых ферментов цикла Кальвина и активности Фотосистем I и II. Подобная реакция свидетельствует о том, что на ранних стадиях развития фукус способен включить в метаболизм экзогенный маннит. Однако эти результаты не совпадают с литературными данными, полученными на

взрослых организмах (Lewis, Smith, 1967). Целью данного исследования явилось изучение влияния экзогенного маннита на содержание внутриклеточного маннита и фотосинтетических пигментов в тканях взрослых талломов *Fucus vesiculosus* L. и *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis (Phaeophyta).

В ходе работы высечки из апикальных участков 40-50-см талломов фукуса и аскофиллума в течение 3 суток выдерживали в ч. Петри в морской воде без добавок (контроль) или с добавлением 0,5% маннита (опыт) в темноте и на свету. Затем высечки отмывали и определяли в них содержание маннита, хлорофиллов «а» и «с» и суммарное содержание каротиноидов. Маннит определяли акваупроматным методом (Ковардаков и др., 2000), пигменты – спектрофотометрически (Jeffrey, Humphrey, 1975).

Содержание эндогенного маннита в тканях фукуса и аскофиллума не одинаково и составляет в среднем около 40 и 30 мг/г сыр. веса соответственно. Эти водоросли продемонстрировали резко различную реакцию на экзогенный маннит. У фукуса не отмечено увеличение содержания маннита в тканях за время инкубации и также не произошло изменений пигментного состава. В то же время содержание маннита в высечках аскофиллума в «опытном» варианте увеличилось на 7,4% по сравнению с контролем. Столь небольшой (хотя и статистически достоверный) прирост содержания маннита, вероятно, объясняется высоким содержанием эндогенного полиола в тканях водоросли, на фоне которого сложно заметить изменения, вызванные экзогенным воздействием. Однако такого увеличения содержания маннита оказалось достаточно для возникновения метаболической репрессии. Об этом свидетельствует снижение содержания хлорофиллов: количество хлорофилла «а» в высечках уменьшилось на 10,2%, а хлорофилла «с» - на 14,1%. Содержание каротиноидов не изменилось. Различный световой режим не оказал влияния на поглощение маннита водорослями или содержание пигментов. Возможно, для выявления роли этого фактора необходимо использовать более длительные экспозиции. Разная реакция фукуса и аскофиллума на обработку экзогенным маннитом может быть связана с экологическими особенностями этих водорослей. В отличие от фукуса, *A. nodosum*, как правило, живет в постоянном симбиозе с эндофитным грибом *Mycophycias ascophyllii* (Deckert, Garbary, 2005). Метаболические взаимосвязи в этой симбиотической системе почти не изучены, но поскольку грибы обладают хорошо развитой системой переносчиков б-углеродных органических соединений, можно предположить, что аскофиллум поглощает маннит при помощи этого симбионта.

**Тараховская Е.Р., Маслов Ю.И., Раилкин А.И.** Рост и морфогенез эмбрионов *Fucus vesiculosus* L. (Phaeophyta) в условиях МАК при разном гидродинамическом режиме.

Макрофитные бурые водоросли (р. *Fucus*, *Laminaria*, *Ascophyllum* и др.) на ранних стадиях эмбрионального развития могут служить удобными модельными объектами для изучения влияния гидродинамических условий на рост и развитие растений. В период размножения *F. vesiculosus* (с середины июля до начала сентября) возможно получение больших количеств гамет этой водоросли в лабораторных условиях. При этом яйцеклетки могут быть одновременно оплодотворены с получением синхронной культуры эмбрионов, которая в дальнейшем поддерживается в течение нескольких месяцев. После оплодотворения зиготы фукуса выделяют адгезивные вещества, при помощи которых они прочно прикрепляются к различным субстратам. В данном исследовании в качестве субстратов использовали прямоугольные пластины из оргстекла размером 5×10 см. На каждой пластине отмечали 3 поля площадью по 2,25 см<sup>2</sup>, и на каждое поле равномерно высаживали по 50 зигот. После того как зиготы прикрепилась и проросли, пластины были помещены в аквариум, в котором были искусственно созданы ламинаризованное или турбулизованные течения. Измененный гидродинамический режим обтекания пластин достигался с использованием специально сконструированных и рассчитанных гидродинамических решеток, которые помещали непосредственно перед горизонтально расположенными пластинами. В качестве контроля использовали не модифицированный поток воды. Опыт продолжался в течение 7 месяцев. Периодически пластины вынимали и производили морфометрические определения. При этом измеряли следующие параметры: длина фотосинтезирующей части эмбриона (без учета ризоидов) и ее максимальный диаметр. Исходя из этих данных и принимая, что фотосинтезирующая часть эмбриона имеет форму усеченного конуса с закругленным основанием, рассчитывали объем и площадь поверхности эмбрионов, а также отношение длины эмбриона к его диаметру.

Полученные данные (см. табл. 1) показывают, что в нормальных условиях (контроль) рост эмбрионов в течение первых семи месяцев развития описывается, в целом, экспоненциальной кривой ( $R^2=0,96$ ). В течение всего исследованного периода талломическая часть эмбрионов растет, в основном, в длину, все больше отклоняясь от изначальной шарообразной формы. Толщина эмбрионов увеличивается очень медленно, так что площадь поверхности возрастает практически линейно ( $R^2=0,95$ ).

Искусственная турбулизация течения оказывает сильный стимулирующий эффект на рост эмбрионов. Вероятно, это связано с тем, что подобные условия обеспечивают максимальный газообмен водорослей, и, следовательно, стимулируют фотосинтез и дыхание. Выращивание в условиях ламинаризованного потока, напротив, приводит к замедлению роста и нарушению морфогенеза эмбрионов. В этом случае объем эмбрионов

увеличивается линейно, а площадь поверхности и отношение длины к диаметру через 7 месяцев экспозиции соответственно на 30 и 10 % ниже, чем в контроле. Такое изменение морфогенеза само по себе приводит к торможению роста, поскольку с уменьшением площади поверхности организма падает эффективность процессов фотосинтеза. Таким образом, условия ламинаризованного течения наименее благоприятны для роста эмбрионов *F. vesiculosus*. Полученные результаты согласуются с литературными данными, свидетельствующими, что наиболее интенсивный рост литоральных организмов наблюдается в условиях турбулизации.

Таблица. Влияние гидродинамических условий на объем (млн. мкм<sup>3</sup>) эмбрионов *F. vesiculosus*. (Представлены средние величины и доверительные интервалы,  $\alpha = 0,05$ ).

Вариант	Возраст эмбрионов с момента оплодотворения				
	3 суток (начало опыта)	1 месяц	3 месяца	5 месяцев	7 месяцев
Контроль	0,25±0,01	1,16±0,03	6,33±0,29	9,17±0,43	19,67±1,03
Турбулизация		1,31±0,03	8,32±0,35	12,56±0,69	25,22±1,26
Ламинаризация		1,12±0,03	4,59±0,17	8,20±0,33	12,06±0,46

Цитология, Гистология, Эмбриология

**Адонин Л.С., Шапошникова Т.Г.** Структура анимального полюса ооцита сцифоидной медузы *Aurelia aurita*

Оогенез у представителей класса Scyphozoa (тип Cnidaria) описан до настоящего времени не полно. Известно, что ооциты сцифоидных медуз возникают из зачаткового эпителия – эпителиальной стенки полового синуса, обращенной к энтодерме. Питание самого ооцита происходит за счет модифицированных питающих клеток, входящих в состав эпителия. До оплодотворения ооцит сохраняет связь с зачатковым эпителием, кормящие клетки которого образуют под ооцитом небольшие воронкообразные углубления, в которых скапливаются сперматозоиды (Иванова-Казас, 1975). Специфических структур на границе соединения ооцита с зачатковым эпителием не описано. Взаимодействие специфических кормящих клеток, связанных с ооцитом, было показано у гидры (Alexandrova et al., 2005).

При окрашивании гематоксилином-эозином парафиновых срезов гонад самок сцифоидной медузы *A. aurita* в месте прикрепления созревающего ооцита к зачатковому эпителию выявляется ацидофильная структура.

В начале оогенеза, когда будущий ооцит еще находится в пласте зачаткового эпителия, ацидофильные гранулы появляются в периферической цитоплазме на границе с соседними клетками. На данном этапе размеры ооцита не превышают 10 мкм. Позднее, по мере роста ооцита, эозинофильные гранулы

смещаются к полюсу, которым созревающий ооцит прикреплен к зачатковому эпителию. Размеры ооцита на данных этапах варьируют от 20 до 40 мкм. Ядро ооцита смещается к редуccionному полюсу. Клетки эпителия, находящиеся в непосредственном контакте с ооцитом, начинают уплощаться. На последних этапах развития ооцита, когда его размер достигает 120-170 мкм, в месте его прикрепления зачатковый эпителий уже представлен тонким монослоем клеток, отделяющим ооцит от внешней среды. Показано, что на парафиновых срезах данная структура специфически связывает антитела из антительной сыворотки RA45/47, которая была получена против мезоглеина (белка внеклеточного матрикса мезоглеи сцифомедузы *A. aurita*).

При разделении белкового гомогената гонад самок в условиях SDS-электрофореза по Лэммли, было обнаружено два высокомолекулярных белка, которые связывают антитела из сыворотки RA45/47 – 180 и 210 кДа. При разделении гомогената в условиях кислого электрофореза по Чокли, также имеются зоны, связывающие антитела против мезоглеина. После двумерного электрофореза и последующего полусухого переноса на PVDF-мембрану белки, связывающие антитела после также имели молекулярную массу 180 и 210 кДа.

Мезоглеин относится к суперсемейству белков, содержащих в своей последовательности домен *zona pellucida* (ZP). Например, белки ZP1, ZP2 и ZP3 у мыши входят в состав желточной оболочки и играют роль в оплодотворении ооцита (Jovine, 2005). Целью дальнейших работ является выяснение роли исследуемой структуры редуccionного полюса ооцита сцифомедузы *Aurelia aurita*.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №.05-04-49578-а, № 07-04-10086-к, № 08-04-00897-а).

**Гонобоблева Е.Л.** Базальный аппарат хоаноцита губки *Halisarca dujardini* (Demospongiae, Halisarcida)

Хоаноциты – одножгутиковые клетки с микровиллярным воротничком, составляющие хоанодерму водоносной системы губок. Сходство структуры хоаноцитов губок с воротничковыми жгутиконосцами – хоанофлагеллятами – было одним из основных доводов теории происхождения губок от хоанофлагеллято-подобного предка.

Структурное подобие хоаноцитов и хоанофлагеллят основывается, в частности, на строении базального аппарата жгутика. Отсутствие поперечно исчерченных продольных корешков является характерной особенностью этих клеток.

Ультраструктура хоаноцитов является предметом рассмотрения значительного числа научных статей. Структура базального аппарата хоаноцитов описана лишь у одного вида губок - *Ephydatia fluviatilis* (Harposclerida, Demospongiae) (Brill, 1973; Карпов, Ефремова, 1994).



Методом реконструкции по серийным ультратонким срезам произведена пространственная реконструкция базального аппарата бесспикульной губки *Halisarca dujardini* (Demospongiae, Halisarcida). Переходная зона жгутика длинная, поперечная пластинка слабо выражена. В основании жгутика присутствует электроноплотный цилиндр, прилегающий к периферическим дублетам микротрубочек. Добавочная центриоль расположена под углом  $\sim 45^\circ$  к длинной оси базального тела. От базального тела в окружающую цитоплазму расходятся микротрубочки. От проксимального конца базального тела к ядру отходит пара исчерченных корешков. Период исчерченности составляет  $\sim 50$  нм.

Хоаноциты *H. dujardini* образуются из наружных жгутиковых клеток личинки в процессе метаморфоза. Сравнение базального аппарата хоаноцита и жгутиковой клетки личинки показало, что основное различие между ними заключается в строении корешков. Характер ассоциации базального аппарата, ядра и аппарата Гольджи у этих клеток одинаков.

Работа поддержана грантом РФФИ № 07-04-01703.

**Зайцева О.В.<sup>1</sup>, Петров С.А.** Исследование структурной организации периферической и центральной нервной системы беломорской немертины *Lineus ruber*

<sup>1</sup>ЗИН РАН

Немертины, особенно из сем. Linneidae, являются одними из типичных и широко распространенных представителей беломорской фауны. Немертины представляют собой своеобразную, мало изученную группу животных с невыясненными до сих пор филогенетическими связями и систематическими взаимоотношениями внутри таксона. В этой связи изучение нервной системы их представителей интересно 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. Имеющиеся до последнего времени в литературе сведения по организации нервной системы немертин были основаны преимущественно на анатомо-гистологических исследованиях и давали только общую картину строения их ЦНС, эндокринных и рецепторных органов (Hilton, 1921; Coe, 1933; Bullock, Horridge, 1965; Ferraris, 1979; Turbeville, Ruppert, 1985). Проведенные в последние годы нейрогистологические, гистохимические и иммуноцитохимические исследования позволили выявить присутствие в различных отделах нервной системы пяти видов беломорских немертин разнообразных рецепторных и нервных элементов, часть из которых дает положительную реакцию на NADPH-диафорузу (NADPHd), серотонин, катехоламины или нейропептиды - нейротензин и FMRFамид (Зайцева, Пунин, 2002; Zaitseva et al., 2004; Зайцева и др., 2007; Зайцева, Маркосова, 2007; Маркосова и др. 2007).

Целью настоящей работы стало исследование морфологических особенностей и взаимоотношений рецепторных и нервных элементов в стенке тела, в хоботе, в сенсорных органах, в пищеварительном тракте, в головных ганглиях и латеральных нервных стволах у немертины *Lineus ruber* (кл. Anopla, отр. Heteronemertini). В работе применены методы импрегнации азотнокислым серебром по Гольджи и Колонье, а также ряд общегистологических и гистохимических методик. В ЦНС немертины, представленной двумя парами (дорсальных и вентральных) ганглиев и парой латеральных нервных стволов, выявлены преимущественно униполярные нейроны диаметром 9-12 мкм. Их тела располагаются по периферии, отростки уходят в центральную часть стволов или ганглиев, где находится нейропиле. Тела нейронов располагаются достаточно диффузно, и только часть из них, преимущественно в ганглиях, образует группы, имеющие в нейропиле перекрывающиеся или общие зоны ветвления отростков. Отдельные, более крупные (диаметром 15 мкм) нейроны имеют хорошо развитое обширное дендритное дерево в нейропиле. Наряду с ветвящимися нервными отростками в нейропиле выявляются отдельные би- и мультиполярные нейроны. Основными сенсорными органами линеид считают парные латеральные и фронтальные органы, имеющие вид разной степени выраженности кожных ямок или складок – щелей, расположенных в передней части животного до ротового отверстия. В этих органах, а также в области ротового отверстия и ринхостома, обнаружены значительные скопления интра- и субэпителиальных рецепторных клеток открытого типа, образующих чувствительные окончания на поверхности эпидермиса. Их аксоноподобные отростки направляются в сторону головных ганглиев. Значительное количество интра- и субэпителиальных рецепторных клеток выявляется в кожных покровах по всей длине тела немертины. В отличие от сенсорных органов эти клетки располагаются достаточно диффузно и не образуют ярко выраженных скоплений. Интраэпителиальные рецепторные клетки имеют, как и окружающие их эпителиальные клетки, цилиндрическую форму. Субэпителиальные рецепторные клетки характеризуются наличием хорошо оформленной ядродержащей части и одного-двух чувствительных периферических отростков, которые могут ветвиться в эпителии и в субэпителиальной части кутиса (особый соединительнотканый слой, подстилающий у Heteronemertini эпидермис). От базальной части обоих типов рецепторных клеток отходит один или несколько отростков, которые, как правило, собираются в небольшие пучки и уходят в нервные стволы. Значительное число преимущественно интраэпителиальных рецепторных клеток выявлено по ходу всего пищеварительного тракта, а также в хоботе. Аксоноподобные базальные отростки рецепторных клеток пищеварительного тракта часто прослеживаются до вхождения в нейропиле нервных стволов. Описаны нейроны и мощные нервные сплетения, располагающиеся в стенке пищеварительного тракта, особенно в его эктодермальной части (глотке и пищеводе). Выявлена иннервация хобота, осуществляемая несколькими

крупными нервными волокнами, приходящими со стороны ЦНС. Эти волокна залегают среди мышц хобота и проходят вдоль него, отдавая по всей длине хобота ответвления к основанию эпителия и базиэпителиальному нервному плексусу. Показана иннервация мускулатуры стенки тела немуртины, осуществляемая нейронами, расположенными непосредственно в мышечных слоях и в латеральных нервных стволах. Как правило, отростки этих нейронов проходят параллельно мышечным волокнам. Они слабо ветвятся, но образуют по всей своей длине четковидные варикозные расширения, что предполагает наличие контактов типа «en passant». Полученные результаты обсуждаются с данными предыдущих исследований по распределению в нервной системе *L. ruber* нейропептидов, моноаминов и NADPHd.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 06-04-49096 и 06-04-48544).

**Костюченко Р.П.** Клонирование гомолога *dpp* дрозофилы у беломорской полихеты *Nereis virens*.

Ген дрозофилы *dpp* и его гомологи у позвоночных животных *BMP2* и *BMP4* относятся к семейству генов *TGF-β* (transforming growth factor-β), кодирующих секретируемые полипептиды. Многочисленные гены этого семейства вовлечены в различные процессы развития животных. Одна из известных функций генов *dpp-BMP2/4* у позвоночных животных, насекомых и моллюсков заключается в спецификации дорсовентральной оси.

Таким образом, есть все основания предположить, что участие генов гомологов *dpp-BMP2/4* в спецификации дорсовентральной оси в ряду билатеральных животных эволюционно закреплено.

Для создания предпосылок исследования параметров экспрессии гена *dpp* и распределения его продуктов в раннем эмбриогенезе беломорской полихеты *Nereis virens* нами методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с вырожденными праймерами к консервативной части гена, а затем и 3'RACE и 5'RACE ПЦР было произведено клонирование ДНК, комплиментарной к полноразмерной мРНК гена *Nvi-dpp*, включая оба консервативных домена (TGFβ propeptide и TGFβ), 3' и 5' нетранслируемые зоны. Длина фрагмента составляет 2677 п.о.

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

**Краус Ю.А.<sup>1</sup>, Родимов А.А.** Эмбриональные морфогенезы книдарий Белого моря: объект учебных и научных исследований

<sup>1</sup>Биологический ф-т МГУ

Одной из основных проблем в эмбриологии по праву считается эволюция морфогенетических процессов и детальные механизмы таковых. Но, если в изучении формирования внутренних зародышевых листков, энтодермы и мезодермы основное внимание уделяется молекулярным механизмам, то эволюционное их происхождение остается в значительной степени неясным. Онтогенез низших многоклеточных животных, Cnidaria, особенно интересен с эволюционной точки зрения именно поэтому. Причин тому несколько. Прежде всего, это простота формирующейся в результате эмбриогенеза двухслойной личинки-планулы, имеющей относительно небольшое число типов клеток. Во-вторых, у представителей данной группы обнаружены все известные в настоящее время элементарные гастрюляционные морфогенезы. Мы предполагаем, что это разнообразие объясняется главным образом временными (гетерохронии) и пространственными (гетеротопии) сдвигами в прохождении таких процессов, как активное изменение формы клеток, формирование эпителия, выселение клеток из состава эпителиального пласта.

В качестве примера рассмотрим с этой точки зрения возможные варианты прохождения процесса иммиграции клеток. Так, в развитии гидры иммиграция мультиполярна, она происходит "волнообразно", от заднего (анимального) к переднему концу, т.е. клетки выселяются в разных зонах эмбриона со сдвигом по времени. В то же время, у гидроидов с пелагически развивающимися зародышами (*Rathkea octopunctata*, *Obelia longissima* и т.п.) можно наблюдать униполярное и достаточно синхронное выселение клеток. Беломорские книдарии же представляют собой довольно интересный (в целом) объект для сравнительно-морфологических исследований, т.к. среди удобных для изучения видов есть как гипо- так и метагенетические представители данного типа. Назовем хотя бы подробно рассмотренные нами (и не только) *Obelia flexuosa*, *O. loveni*, *Bougainvillia superciliaris*, а также ряд представителей кл. Scyphozoa.

Иммиграция клеток в гастрюляционных морфогенезах ряда видов книдарий была подробно проанализирована на клеточном уровне. Временное соотношение этапов эпителиально-мезенхимной трансформации и других гастрюляционных морфогенезов, таких как инвагинация и инволюция, может быть различным. Процесс эпителизации поверхностных клеток морулы (вторичная деламинация) является основным гастрюляционным морфогенезом у гидроидов с гипогенетическим жизненным циклом, яйцеклетки которых богаты желтком. В гастрюляции некоторых наших модельных объектов (*Dynamena pumila*, *Obelia flexuosa*, *O. loveni*) эпителизация начинается сразу в нескольких регионах морулы, протекает крайне асинхронно и приводит к формированию небольших фрагментов эпителиального пласта, состоящих из 10-20 клеток. В результате каждый

эмбрион на стадии гастрюлы имеет совершенно уникальную морфологию. Однако в ходе дальнейшего развития изменчивость снижается, и гастрюляция заканчивается формированием классической паренхимулы.

Разнесение во времени морфогенетических процессов клеточного уровня можно наблюдать и в развитии других групп беспозвоночных. Так, процессы гастрюляции в различных классах (и даже в семействах в пределах класса) иглокожих (Echinoidea, Asteroidea) иллюстрируют ту же тенденцию: активное изменение формы клеток, их эпителизация или, напротив, выселение из состава эпителиального пласта могут проходить в разные временные отрезки эмбриогенеза. Это приводит к существенным различиям в морфологии и динамике развития, а также к различиям во времени выделения определенных клеточных линий.

**Лазарева А.В, Шапошникова Т.Г.** Выявление структур, связывающих антитела к мезоглеину, на ранних стадиях развития сцифомедузы *Aurelia aurita* (Cnidaria).

Традиционно кишечнополостные (Coelenterata или Cnidaria) считаются одними из наиболее просто организованных многоклеточных животных, тело которых развивается из двух зародышевых листков, эктодермы и энтодермы, характеризуется радиальной симметрией и единственной (орально-aborальной) осью. По этим признакам их часто объединяют с гребневыми в группу Radiata или Diploblastica, противопоставляемую Bilateria или Triploblastica. Однако данные, полученные с помощью методов сравнительной гистологии и молекулярной биологии, свидетельствуют о том, что приведенное деление является явным упрощением. Два слоя эпителия кишечнополостных разделены мезоглеей, которая не является структурой, гомологичной третьему зародышевому листку высших многоклеточных, но, по мнению некоторых авторов, сходна с соединительной тканью высших животных (Заварзин, 1945). У кишечнополостных обнаружены гены и белки, имеющие гомологи у высших многоклеточных. Это позволяет использовать представителей типа не только как надёжную аутгруппу при проведении различных филогенетических анализов, но и как модель для изучения фундаментальных процессов, лежащих в основе реализации генотипа, а также как богатый материал для эволюционных построений.

В мезоглее *A. aurita*, широко распространенной в водах Мирового океана и оказывающей существенное влияние на экосистему Белого моря, был выделен новый белок с молекулярной массой 45/47 кДа, названный мезоглеином (Matveev, 2007). Показано, что он содержит домены Delta/Serrate/Lag-2 (DSL) и Zona Pellucida (ZP), встречающиеся во многих экстраклеточных белках или в экстраклеточной части мембранных и трансмембранных белков высших многоклеточных. Белки, содержащие ZP домен, выделяют в отдельное семейство, они участвуют в различных процессах, связанных с взаимодействиями клеток и внеклеточного матрикса.

С функционированием белков, содержащих DSL домен, связано определение направления дифференцировки клеток на различных этапах развития организмов.

Поскольку мезоглеин был впервые обнаружен у взрослой медузы, а также было показано, что экспрессия его гена на завершающих этапах онтогенеза сохраняется лишь в мезоглеальных клетках, целью данного исследования является выяснение времени появления в онтогенезе мезоглеина и его возможных высокомолекулярных предшественников.

При иммуногистохимическом окрашивании парафиновых срезов поликлональными антителами RA45/47, полученными против мезоглеина, метку можно наблюдать на всех стадиях развития. При этом у препланулы окрашивается только межклеточное вещество, у поздней планулы – межклеточное вещество окрашивается в меньшей степени, но в апикальной части клеток эпидермы и формирующейся гастродермы с антителами связываются гранулы, имеющие эозинофильную природу. После прикрепления и развития у формирующейся сцифистомы четырех щупалец антигенная детерминанта неустойчиво выявляется в гастродерме, а у восьми-, шестнадцатищупальцевых и сформировавшихся сцифистом окрашиваются отдельные волокна мезоглея, гранулы в мезоглеальных клетках и гастродерме. После разделения белковых проб в условиях денатурирующего электрофореза по Лэммли и вестрен-гибридизации в гомогенате материала препланул и планул выявляются две антигенные детерминанты, соответствующие белковым полосам в геле с молекулярной массой 210 и 180кДа. В пробах, содержащих материал восьмищупальцевых сцифистом, выявляется лишь одна белковая полоса, соответствующая массе 80кДа, у сформированных полипов – 55 кДа.

В дальнейшей работе предполагается определить время начала экспрессии мезоглеина (или его предшественников) методом RT-PCR.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (гранты №.05-04-49578-а, № 07-04-10086-к, № 08-04-00897-а).

**Шарлаимова Н.С.<sup>1</sup>, Петухова О.А.<sup>1</sup>** Анализ адгезивных свойств клеток целомической жидкости и целомического эпителия морской звезды *Asterias rubens L.* на ранних сроках заживления раны

<sup>1</sup>Институт Цитологии РАН

Важную роль в процессах регенерации и заживления раны, а также в защитных реакциях иглокожих выполняют целомоциты (ЦЦ). Ранее было показано, что при экспериментальном истощении целомической жидкости (ЦЖ) морской звезды *Asterias rubens L.* доля клеток с высоким ядерно-цитоплазматическим отношением, предположительно, являющихся предшественниками других типов ЦЦ, достоверно увеличивается к третьему дню после нанесения раны. В качестве одного из возможных источников

незрелых ЦЦ рассматривают клетки целомического эпителия (ЦЭ). Для того чтобы исследовать возможность дифференцировки ЦЦ и проследить пути восстановления популяции был проведен анализ такой функциональной характеристики клеток ЦЖ и ЦЭ как способность распластываться на иммобилизованных лигандах.

Эксперименты проводили на Беломорской биологической станции, мыс Картеш, сентябрь, 2005 и 2006 гг. Звездам (диаметром 10-12см) отрезали кончик луча, максимально спускали ЦЖ, после чего проводили замещение остатков ЦЖ 10-15 мл морской воды. Животных содержали в садках в течение 5 ч, 3 и 7 суток после нанесения раны. Суспензию ЦЦ и клеток ЦЭ, полученных методом ферментативной диссоциации, наносили на различные субстраты в морской воде – фибронектин (Фн), ламинин (Лм), и, в качестве контроля, на полилизин (Пл) и стекло (С). Клетки фиксировали через 1 час после прикрепления и окрашивали родамин-фаллоидином. Для оценки состояния хроматина параллельно проводили окраску ядер *Dapi*. Препараты анализировали с помощью конфокального микроскопа Leica (об. 100x).

Количественный анализ популяции ЦЦ, способных прикрепиться к тому или иному лиганду в зависимости от срока заживления раны показал, что максимальное число прикрепленных клеток наблюдали на Фн в контроле и к 5 часам, на Лм – к 3 суткам. К 7 суткам после истощения ЦЖ число клеток, способных прикрепиться, уменьшалось на всех лигандах. Максимальное количество прикрепленных клеток ЦЭ наблюдалось на Пл на всех сроках заживления раны. Полученные данные позволяют предположить, что при восстановлении пула ЦЦ происходит изменение набора поверхностных рецепторов клеток ЦЖ, ответственных за прикрепление к лиганду в зависимости от срока заживления.

После окрашивания родамин-фаллоидином было выявлено несколько типов ЦЦ. Доминирующим классом являются крупные ЦЦ, принимающие участие в образовании сетей. Обнаружены также клетки, распластаные вне сетей, петалоидные ЦЦ, ЦЦ с плотным “полярным” F-актином с ярко окрашенным структурированным ядром и клетки с высоким ядерно-цитоплазматическим отношением (ВЯЦО) либо не окрашенные родамином, либо имеющие несколько гранул F-актина со структурированным ядром. Доминирующим типом в популяции клеток ЦЭ являются петалоидные клетки. Также были обнаружены ЦЦ-подобные клетки, клетки с «полярным» F-актином и неокрашенные родамином клетки со структурированным ядром. Все выделенные типы, за исключением клеток с ВЯЦО отличались более мелкими размерами по сравнению с ЦЦ. Анализ динамики распластывания ЦЦ на разных сроках после нанесения раны показал, что к 3 суткам происходит достоверное увеличение доли клеток с полярным F-актином на всех типах лигандов. В то же время в популяции клеток ЦЭ происходит уменьшение доли мелких клеток, не окрашенных родамином. Анализ состояния хроматина после окрашивания ядер, а также цитоскелета позволяет проследить последовательные изменения морфологии ЦЦ и

выстроить ряды от мелких клеток, практически не синтезирующих актин, до клеток с плотным “полярным” F-актином. Характер изменений клеточного состава ЦЭ позволяет предположить, что именно эпителиальные клетки с высоким ядерно-цитоплазматическим отношением могут являться источником для восполнения популяции ЦЦ к 3 суткам после истощения ЦЖ.

Работа поддержана грантом НШ-7852.2006.4