

# ПРОБЛЕМЫ

ИЗУЧЕНИЯ,  
РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
И ОХРАНЫ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

# БЕЛОГО МОРЯ



ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН  
ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО РАН  
ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО РАН  
С.-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАРЕЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН  
СЕВЕРНЫЙ ФИЛИАЛ ПОЛЯРНОГО НИИ МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ  
МЕЖВЕДОМСТВЕННАЯ ИХТИОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# **ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ, РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛОГО МОРЯ**

Материалы XI Всероссийской конференции  
с международным участием

9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург



Санкт-Петербург  
2010

*УДК*

**Наумов А.Д., Алексеев А.П., Сухотин А.А.** (ред.) Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. (Материалы XI всероссийской конференции с международным участием. 9–11 ноября 2010 г.) – СПб: ЗИН РАН. 2010. 223 с.

В сборнике представлены материалы устных и стендовых сообщений, представленных на XI всероссийскую конференцию «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря». Тематика конференции охватывает широкий круг проблем от фундаментальных вопросов биологии и океанографии до прикладных аспектов, включающих задачи промысла и аквакультуры.

Сборник предназначен для экологов, гидрологов, гидробиологов, ихтиологов, работников рыбодобывающих и природоохранных организаций, специалистов в области аквакультуры и студентов соответствующих специальностей.

Главный редактор—  
директор Зоологического института РАН член.-корр. РАН *О.Н. Пугачев*

Ответственные редакторы—  
*А.Д. Наумов, А.П. Алексеев, А.А. Сухотин*

Оргкомитет:

*О.Н. Пугачев* (председатель), *А.П. Алексеев* (зам. председателя), *А.А. Сухотин* (зам. председателя),  
*Д.М. Мартынова* (секретарь), *А.Ф. Алимов, А.С. Аверкиев, В.Я. Бергер, В.Ф. Брызгин, К.В. Галактионов,*  
*А.И. Гранович, В.М. Зеленков, Н.В. Максимович, В.В. Малахов, А.Д. Наумов, Н.Н. Немова, А.И. Раилкин,*  
*Л.П. Рыжков, Н.Н. Филатов, В.В. Хлебович, А.Б. Цетлин*

Проведение конференции и издание материалов  
осуществлены при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований,  
Финансово-экономического управления РАН  
и Зоологического института РАН

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Гидрологические особенности и своеобразие флоры и фауны Белого моря послужили причинами повышенного интереса к его изучению гидрологами, гидрохимиками, гидробиологами, ихтиологами, физиологами, биохимиками, специалистами в области марикультуры и других специальностей. Наиболее интенсивные экспедиционные и стационарные исследования пришлось на вторую половину прошлого столетия. Проводившиеся работы были объединены программой Государственного Комитета по Науке и Технике («Проект Белое море»). Их первым руководителем был академик О.А. Скарлато, которому в этом году исполнилось бы 90 лет. Для знакомства с результатами исследований и выработки единых подходов к сбору и анализу информации было проведено 10 регулярных (раз в три года) конференций «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря».

Вниманию читателей предлагается том трудов XI конференции, проходившей в С.-Петербурге в ноябре 2010 г. В ее работе участвовали сотрудники высших учебных заведений, научных институтов, рыбохозяйственных и природоохранных организаций из России, Финляндии и Норвегии. Их устные и стендовые доклады были сгруппированы в соответствии со следующими направлениями исследований:

- климат и тенденции наблюдаемых изменений;
- структура, функционирование и продуктивность беломорских экосистем;
- биоразнообразие, таксономия и морфология растений и животных Белого моря;
- экология, физиология, биохимия и генетика беломорских организмов;
- состояние воспроизводства запасов;
- марикультура и динамика вылова промысловых биоресурсов Белого моря;
- социально-экономическое развитие Беломорья и повышение эффективности использования его биоресурсов.

Поступившие в Оргкомитет тексты сообщений опубликованы практически без изменений в том виде, как они были присланы авторами. Редактирование сводилось лишь к устранению очевидных опечаток и приданию материалам единого формата. От смысловых и стилистических правок редакция воздержалась, оставив все недочеты на совести авторов.

*Оргкомитет*

*Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 4–7.*

## **ПРОЕКТ «БЕЛОЕ МОРЕ» И ЕГО РОЛЬ В ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**А.Ф. Алимов<sup>1</sup>, А.П. Алексеев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Зоологический институт РАН, С.-Петербург, e-mail: alimov@zin.ru

<sup>2</sup>Межведомственная ихтиологическая комиссия, СЗО, С.-Петербург, e-mail: belomor@zin.ru

В новейшей истории изучения морей русского Севера проекту «Белое море» принадлежит особое место. Впервые удалось собрать силы многих научных и прикладных учреждений для решения важной народнохозяйственной задачи, по сути – социального заказа, инициированного властными структурами региона. Именно поэтому авторы доклада сочли полезным вернуться к этой теме.

Проект «Белое море» был учрежден ГКНТ СССР в 1981 г. История проекта восходит к 1978 г., когда Правительство Карелии, обеспокоенное сложной экономической и демографической ситуацией на берегах Белого моря, созвало в г. Беломорске представительное совещание с участием ведущих специалистов из научных учреждений, занимающихся исследованиями Белого моря, его биологических ресурсов (Зоологический институт и Институт океанологии АН СССР, ВНИРО, ПИНРО, СевПИНРО, Ихтиологическая комиссия), руководителей колхозов и государственных рыбохозяйственных организаций. Совещание пришло к выводу о необходимости разработки межведомственной научно-прикладной программы, целью которой были бы исследования, направленные на рационализацию промысла сельди, наваги, семги, трески и других беломорских рыб, водорослей, морских млекопитающих, а также разработку и внедрение различных видов марикультуры. Этот новый для Белого моря вид научно-хозяйственной деятельности мог бы существенно повысить промысловый потенциал Белого моря и, как следствие, благосостояние поморского населения. Предполагалось, что в основу программы должен быть положен экосистемный подход.

В 1979 г. Комиссия по биологическим ресурсам морей и океанов ГКНТ СССР поддержала это предложение и поручила Ихтиологической комиссии и Зоологическому институту АН СССР разработать проект Беломорской программы, а для координации исследований создать Секцию по Белому морю. К подготовке программы, которая получила название «Повышение полезной продуктивности и рациональное использование биоресурсов Белого моря», были привлечены многие ученые. На основе этой программы был сформирован самостоятельный Проект «Белое море», включенный с 1981 г. в число важнейших программ ГКНТ СССР. Его головной организацией был определен Зоологический институт АН СССР, а руководителями – академик О.А. Скарлато, а с 1995 г. – академик А.Ф. Алимов.

Проект «Белое море» предусматривал проведение работ по следующим направлениям:

- гидрометеорологические условия и океанографические основы формирования биологической продуктивности;
- основы развития марикультуры моллюсков (мидия съедобная), рыб, водорослей, лососеводства, натурализации дальневосточных лососей;
- рациональное использование естественных водных биоресурсов (сельдь, навага, треска и др.), включая водоросли и морских млекопитающих;

- мониторинг экосистем и экологического состояния моря; роль птиц и морских млекопитающих в экосистемах Белого моря;
- социально-экономические аспекты развития марикультуры и других видов использования природных ресурсов для возрождения экономики Прибеломорья.

Высокий статус проекта «Белое море» как государственной программы позволил привлечь к его выполнению (в первые годы даже без выделения централизованного финансирования) учреждения Академии наук, Минрыбхоза, вузовские биостанции и лаборатории, региональные органы Гидрометеослужбы, Кандалакшский государственный природный заповедник и др. (в отдельные годы – более 30 организаций).

Наиболее активными участниками проекта – вплоть до его ликвидации, были Зоологический институт РАН и его Беломорская биологическая станция мыс Картеш, Северное отделение ПИНРО, кафедры и биологические станции Московского и Петербургского университетов, Кандалакшский заповедник. (Список учреждений, участвовавших на разных этапах работ по проекту «Белое море», помещен в приложении). Финансовую поддержку по линии Минобрнауки РФ (это современное название этого ведомства) проект стал получать только с 1991 г. Весьма скромные средства господдержки распределялись между участвующими учреждениями с учетом их текущего вклада в выполнение тематики проекта.

Для организации работ по проекту, их координации, внедрения полученных результатов в практику, удалось создать достаточно эффективную структуру, состоящую из головной организации – ЗИН АН СССР (РАН) (разработка планов и программ, заключение договоров на выполнение исследований с учреждениями-участниками, подготовка различных отчетов и справок для центра, организация итоговых конференций и симпозиумов и т. д.), Секции по Белому морю Межведомственной ихтиологической комиссии (координация исследований, организация рабочих совещаний) и Беломорского рыбохозяйственного совета, возглавлявшегося М.И. Каргиным – начальником ВРПО «Севрыба», в ведении которого находились все беломорские рыбохозяйственные организации (организационно-практические меры в сфере применения научных разработок, проведение бассейновых совещаний для обсуждения актуальных проблем в области использования и охраны биоресурсов, развития аквакультуры и др.).

Для повышения эффективности исследований были созданы рабочие группы по основным научным направлениям проекта, которые возглавлялись ведущими специалистами в конкретной области. Секцией по Белому морю составлялись ежегодные сводные планы морских экспедиционных работ, что позволяло участникам проекта иметь представление о районах и объемах собираемых данных об условиях среды и состоянии биоресурсов. В 1988 г. впервые в истории исследований Белого моря удалось организовать квазисинхронную океанологическую съемку моря несколькими судами.

Ход выполнения исследований регулярно обсуждался на заседаниях Бюро и пленарных заседаниях Секции по Белому морю, которые чаще всего проходили на Беломорской биостанции ЗИН мыс Картеш. Раз в 3 года созывались региональные научно-практические конференции, некоторые имели статус международных.

Основная оперативно-организационная роль в Проекте «Белое море» принадлежала небольшой рабочей группе во главе с ученым секретарем Проекта и Секции по Белому морю В.Г. Кулачковой (Зоологический институт), которая разрабатывала проекты технических заданий, договоров, концентрировала планы, программы, отчеты и др. сведения, касающиеся проекта. Регулярно составлялись научные отчеты-информации о работах по проекту для ГКНТ, а позднее для Миннауки России, готовились доклады на отчетные конференции по проблеме «Моря России», проходившие ежегодно в Москве.

Таким образом, без преувеличения, можно сказать, что Проект «Белое море» представлял собой достаточно уникальное явление как в отношении количества и профиля участвующих организаций, так и сосредоточения их усилий на решении конкретной народнохозяйственной проблемы.

Остановимся на основных полученных результатах.

Главный из них – повышение промысловой продуктивности Белого моря достаточно реальная задача и она может быть решена за счет развития марикультуры разного масштаба – от индивидуальных ферм до марихозяйств (Алимов и др., 2008). Было показано, что Белое море, несмотря на полуарктическое положение, имеет физико-географические, климатические и океанологические особенности, благоприятствующие развитию марикультуры. К этому относятся: еще чистая морская вода на большей части акватории моря и в прибрежных зонах (исключая припортовые и устьевые участки крупных рек), близость к побережью источников пресной воды, изобилие закрытых от сильного волнения, хорошо промываемых приливами губ и небольших заливов, достаточно длительный период с температурами воды в поверхностном слое выше  $10^{\circ}$  (в некоторые годы в прибрежье до  $16^{\circ}$ – $18^{\circ}$  и даже выше), развитая транспортная инфраструктура в регионе, близость ко многим промышленным центрам, включая Архангельск, Петрозаводск, Мурманск, Петербург и Москву, присутствие в фауне и флоре моря и впадающих в него рек ряда ценных гидробионтов, численность которых может быть увеличена с помощью человека. По оценкам ПИПРО, площадь акваторий, пригодных для развития хозяйств марикультуры, составляет порядка 1.3 тыс. га.

К области марикультуры нужно отнести и пастбищную ее форму, когда ценные виды рыб (например, дальневосточные лососи) могут воспроизводиться на местных рыбободных заводах из доставляемой из других мест икры и выпускаться на нагул в море, а так же работы в области акклиматизации гидробионтов, имеющих пищевую и иную ценность (проект ФЗ «Об аквакультуре», С.И. Никоноров, 2006).

Опыт работы с объектами марикультуры на Белом море показал, что наиболее перспективные из них (исключая форель) практически не нуждаются в дорогих искусственных кормах, что сегодня весьма важно.

В результате работ по Проекту «Белое море» были разработаны методы культивирования и переработки мидии (получили практическую реализацию), повышения численности беломорской сельди с помощью специально разработанных конструкций искусственных нерестилищ, товарного выращивания в морских садках форелей, выращивания ламинарии сахаристой на искусственных субстратах. Удалось возобновить прерванные прежде работы по акклиматизации дальневосточной горбуши, которые начались с доставки в 1985 г. партии икры горбуши «нечетной линии» из Магаданской области, т. е. северной части ее природного ареала. Несмотря на отсутствие повторных доставок икры с Дальнего Востока наметилась устойчивая тенденция формирования беломорского стада горбуши «нечетной линии» (Дорофеева и др., 2006).

Среди разработок Проекта, не нашедших из-за начала «реформ» практического применения, есть предложения по выращиванию мидии в бикультуре с ламинарией и с зубаткой, методы искусственного воспроизводства беломорской трески и зубатки и др.

Большой объем исследований среды обитания гидробионтов, мониторинг функционирования экосистем моря, их реакции на изменчивость климатических и иных процессов, оценки динамики численности основных промысловых видов, изучение влияния марикультурных хозяйств на окружающие экосистемы, другие материалы дали возможность издать 2-томную монографию «Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования», аннотированный Атлас «Океанографические условия и биологическая продуктивность Белого моря», большое число научных статей в отечественных и зарубежных журналах, сборники материалов десяти Беломорских конференций. После ликвидации Беломорского проекта значительный объем собранных материалов до сих пор, к сожалению, остается не обобщенным.

В многолетних работах проекта «Белое море», в их организации принимали участие многие известные ученые, различные специалисты, администраторы. В их числе: первый руководитель проекта академик О.А. Скарлато, начальник ВРПО «Севрыба» М.И. Каргин, руководитель Карелрыбпрома Б.Г. Житний, руководители научных учре-

ждений, ученые В.Я. Бергер, Э.Е. Кулаковский, М.И. Морштын, В.М. Зеленков, М.Я. Яковенко, Г.Г. Новиков, О.Ф. Иванченко, Ю.С. Миничев, А.А. Нейман, О.А. Пронина, Н.Н. Колесниченко, Ю.С. Бойков, В.В. Бианки и др.

### Список литературы

- Алимов А.Ф., Алексеев А.П., Бергер В.Я. Марикультура как способ увеличения промысловых ресурсов Белого моря // Вестник РАН, 2008, т. 78, № 9.
- Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. Ч. I, II. СПб., 1995.
- Дорофеева Е.А., Алексеев А.П., Зеленников О.В., Зеленков В.М.. Дальневосточная горбуша в бассейне Белого моря (к пятидесятилетию интродукции). Рыбное х-во, т. 6, 2006. С. 71–73.
- Океанографические условия и биологическая продуктивность Белого моря, аннотированный атлас. Мурманск, 1991.
- Никоноров С.И. Аквакультура. М. 2006.

Приложение:

#### Учреждения, принимавшие участие в выполнении проекта «Белое море»

##### *Учреждения АН СССР–РАН*

Зоологический институт с Беломорской биологической станцией, Институт биологии Карельского научного центра, ИЭМЭЖ (ИПЭЭ), Институт океанологии, Институт биологии развития, Институт водных проблем, Мурманский морской биологический институт Кольского НЦ, Отдел (ныне институт) водных проблем Севера Карельского НЦ, Отдел (ныне институт) экономики Карельского НЦ, Институт социально-экономических проблем, Ботанический институт, Институт общей генетики, Институт экологических проблем Севера УРО, Институт экологии Кольского НЦ.

##### *Учреждения Минрыбхоза СССР и его преемников в РФ*

ВНИРО, ПИНРО, СевПИНРО, СеврыбНИИпроект (ныне существует как СевНИОРХ в составе Петрозаводского ГУ), Карелрыбвод, Севрыбвод, Мурманрыбвод, Всесоюзное рыбопромышленное объединение «Севрыба» (ныне не существует), Центральное проектно-конструкторское бюро ВРПО «Севрыба», Севтехрыбпром ВРПО «Севрыба», Карелрыбпром, АтлантНИРО, институт Гипрорыбфлот (фирма «Экос»).

##### *Учреждения Министерства высшего образования СССР – Минобрнауки РФ*

Московский государственный университет: Беломорская биологическая станция, Кафедра ихтиологии, Кафедра зоологии беспозвоночных, Кафедра общей экологии и гидробиологии, Кафедра высших растений. Ленинградский (С.-Петербургский) государственный университет: Биологический НИИ, Кафедра зоологии беспозвоночных, Кафедра цитологии и гистологии, Кафедра гидробиологии и ихтиологии, Беломорская биологическая станция. Ленинградский гидрометеорологический институт (ныне Российский государственный гидрометеорологический университет), Петрозаводский государственный университет, Петрозаводский государственный педагогический институт (ныне университет).

##### *Прочие учреждения*

Кандалакшский государственный природный заповедник, ВНИИ Океангеология, Киевский НИИ гигиены питания.



## УЛЬТРАСТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЛАСТИ КОНТАКТА ООЦИТА С ЗАЧАТКОВЫМ ЭПИТЕЛИЕМ (ПЛАСТИНКИ КОНТАКТА) У СЦИФОМЕДУЗЫ *AURELIA AURITA*

А.С. Адонин<sup>1</sup>, Н.В. Мушников<sup>2</sup>, О.И. Подгорная<sup>1</sup>,  
Т.Г. Шапошникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт Цитологии РАН, С.-Петербург, e-mail : leo.adonin@gmail.com

<sup>2</sup> С.-Петербургский госуниверситет, e-mail: mushnickoff@mail.ru

В работе прослежена морфодинамика пластинки контакта (структуры, формирующейся в области контакта ооцита с зачатковым эпителием) в ходе созревания ооцита у сцифомедузы *Aurelia aurita* (Scyphozoa, Cnidaria).

Среди полипептидов мезоглеи зрелых медуз *A. aurita*, определенных с помощью денатурирующего электрофореза по Лэммли, был выявлен белок с молекулярной массой 47 кДа – мезоглеин. При помощи антител (RA47), полученных к мезоглеину, удалось определить его локализацию – в специфических гранулах мезоглеальных клеток и в составе «эластических» волокон межклеточного матрикса мезоглеи зрелых медуз (Shaposhnikova et al., 2005; Matveev et al., 2007). Наличие в составе мезоглеина функционального домена Zona Pellucida (ZP) дало основание отнести белок к обширному суперсемейству ZP-домен-содержащих белков (Jovine et al., 2005). Большая часть описанных ZP-домен-содержащих белков вовлечена в процессы оплодотворения и оогенеза как у позвоночных, так и у беспозвоночных животных (Wassarman, 2001). Подобные белки у низших беспозвоночных животных (кишечнополостные, гребневики, губки) до работ нашей группы описаны не были. Мезоглеин оказался представителем семейства ZP-белков, поэтому мы предположили, что если ген мезоглеина является эволюционным приобретением *A. aurita*, то его ZP-домен может быть вовлечен и в процесс оплодотворения. На парафиновых срезах тканей гонад половозрелых самок *A. aurita* антитела выявляют материал в области контакта ооцитов с зачатковым эпителием. Для удобства описания структуре присвоено название пластинки контакта (Адонин и др., 2009). Изучение формирования пластинки контакта затруднено тем, что оогенез у представителей класса Scyphozoa описан не полно. Основываясь на работе Экельбаргера и Ларсона (1988) и собственных наблюдениях, мы выделили семь последовательных стадий в развитии ооцита (I–VII). На начальных стадиях развития ооцита в его периферической цитоплазме отмечено появление гранул, которые скапливаются на полюсе, сохраняя связь с зачатковым эпителием гонад; на финальных этапах гранулы частично сливаются и образуют оформленную структуру – пластинку контакта. Среди гранул развивающихся ооцитов выявлены два типа – с гомогенным содержимым и рыхлым не оформленным материалом в виде толстых тяжей. Наблюдаемое нами преобразование гранул 2 типа в более крупные структуры, а также объединение гранул 1 и 2 типов вероятно и приводит к образованию видимой на парафиновых и полутонких срезах характерной структуры – пластинки контакта. Поскольку содержимое гранул и компоненты пластинки специфически связывают антитела (RA47) против мезоглеина, ZP-доменного белка «эластических» волокон мезоглеи *Aurelia aurita*, можно предполагать, что пластинка контакта содержит ZP-доменные белки, присутствие которых характерно для яйцевых оболочек высших животных.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 07-04-10086-к, 09-04-01145-а) и правительства С.-Петербурга (проект 2.6/4-05/85).

Авторы признательны коллективу Беломорской биологической станции мыс Картеш Зоологического Института РАН за теплый прием и постоянную поддержку.

#### **Список литературы**

- Адонин Л.С., Подгорная О.И., Матвеев И.В., Шапошникова Т.Г. Пластинка в зоне контакта ооцита с зачатковым эпителием у сцифомедузы *Aurelia aurita* имеет иммунологическое сходство с ZP-домен-содержащим белком мезоглеином // Цитология, 2009. Т. 51, № 5, С. 435–441.
- Eckelbarger K.J., Larson R.J. Ovarian morphology and oogenesis in *Aurelia aurita* (Scyphozoa: Semaestomae): ultrastructural evidence of heterosynthetic yolk formation in a primitive metazoan // *Marine Biology*, 1988. V. 100, P. 103–115.
- Jovine L., Darie C.C., Litscher E.S., Wassarman P.L. Zona pellucida domain proteins // *Annu. Rev. Biochem.*, 2005. V. 74, P. 83–114.
- Matveev I.V., Shaposhnikova T.G., Podgornaya O.I. A novel *Aurelia aurita* protein mesoglein contains DSL and ZP domains // *Gene*, 2007. V. 399, P. 20–25.
- Shaposhnikova T., Matveev I., Napara T., Podgornaya O. Mesogleal cells of the jellyfish *Aurelia aurita* are involved in the formation of mesogleal fibres // *Cell Biol Int.*, 2005. V. 29, P. 952–958.
- Wassarman P.M., Jovine L., Litscher E.S. A profile of fertilization in mammals // *Nat Cell Biol.*, 2001. V. 3, P. 59–64.

*Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 10.*

## **ВЛИЯНИЕ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПРОМЫСЛА НА ЧИСЛЕННОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ НА РУССКОМ СЕВЕРЕ В КОНЦЕ XIX – НАЧАЛЕ XX ВЕКА**

**Я.И. Алексеева<sup>1</sup>, Д.Л. Лайус<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт океанологии РАН, Москва, e-mail: a-ja@list.ru

<sup>2</sup> С.-Петербургский государственный университет, e-mail: dlajus@gmail.com

Промысел атлантического лосося в реках и приустьевых районах Белого и Баренцева морей был одним из основных источников дохода жителей Русского Севера до начала XX в. В настоящем исследовании для оценки изменения численности популяций были проанализированы величины уловов, уловы на единицу промыслового усилия, а также числа ловцов семги по отдельным районам.

В конце XIX в. на западном и южном берегах Онежского залива начала интенсивно развиваться лесная промышленность. Орудия лова лосося, перегораживающие реки, мешали лесосплаву и усилиями лесопромышленников их число в начале XX в. сократилось. Кроме того, предприятия лесной промышленности отвлекали рабочую силу от промысла лососей. Вследствие этого, в начале XX в., сократилось число ловцов. По-видимому, в результате снижения пресса промысла, приведшего к увеличению численности популяций лосося, его уловы в исследованных районах с развивающейся лесной промышленностью стали возрастать. Эта ситуация, однако сохранялась относительно недолго. В дальнейшем, в результате возрастания численности населения и увеличения интенсивности лова интенсивность промысла семги здесь стала возрастать, расширялись ареалы ее лова, и уловы на усилие, являющиеся характеристикой численности популяции, стали снижаться к 1930-м годам. Таким образом, в начале своего интенсивного развития лесосплав явился фактором, приведшим к повышению численности лосося, но его дальнейшее развитие негативно повлияло на популяции семги в наиболее развитых районах Русского Севера.

В отдаленных от центра районах, в первую очередь, на Терском берегу, где промышленность была менее развита и лесосплав отсутствовал, семга была основой местной экономики и промысел ее был достаточно интенсивным в течение всего рассматриваемого периода. В результате, уже к 1880-м годам здесь было отмечено снижение уловов, но затем, в период Первой мировой и Гражданской войн промысел был существенно сокращен, и численность популяций семги возросла.

Таким образом, промысел и лесосплав были основными факторами, влияющими на популяции семги на Русском Севере. При этом, сила их влияния зависела не только от каждого из факторов по отдельности, но и от их взаимодействия между собой. Интересно отметить, что на определенном, относительно недолгом этапе антропогенное давление на популяции лосося было более низким в более промышленно развитых регионах.

## ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ БИОСЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ СВЕТЯЩИХСЯ БАКТЕРИЙ БЕЛОГО МОРЯ

**К.А. Аленина, В.В. Куц, О.В. Сенько,  
Е.Н. Ефременко, А.Д. Исмаилов**

Московский государственный университет, Москва, e-mail: anvaris@list.ru

Светящиеся бактерии широко используются в качестве биосенсоров в биомониторинге токсикантов. Биолюминесцентная активность отражает реакцию клетки на химические соединения с цитотоксичным и (или) генотоксичным действием, в т.ч. тяжелые металлы, алифатические и ароматические углеводороды, фенолы и ряд других ксенобиотиков. Интенсивность свечения служит количественным индикатором токсичности образца. Эмиссионный ответ для широкого круга токсических веществ хорошо коррелирует с реакцией стандартных биотестов на рыбах, ракообразных, простейших, — величина 50%-ного тушения свечения (EC-50) коррелирует с величиной LD-50 с коэффициентами корреляции 0.8–0.95.

Выделенные из кишечника рыбы керчака европейского *Mioxocephalus scorpius* (Кандалакшский залив Белого моря) штаммы светящихся бактерий *Photobacterium phosphoreum* отличаются крайне интенсивной и стабильной эмиссией света.

С использованием данных фотобактерий разработаны высокостабильные биосенсоры для дискретного и непрерывного биомониторинга водных экотоксикантов. Повышенная стабильность свечения биосенсора достигается иммобилизацией фотобактерий в геле поливинилового спирта (ПВС). Люминесцентная активность препаратов при 4°C сохранялась более 1 месяца. Длительность применения индивидуального препарата 1 сутки.

Проведен сравнительный анализ кинетики ингибирования свободных и иммобилизованных в ПВС-геле фотобактерий различными классами токсинов (тяжелые металлы, хлорфенолы, пестициды и гербициды). Подобраны оптимальные физические и геометрические параметры иммобилизованных препаратов с минимальными ограничениями для диффузии токсинов.

Установлено, что пороговая чувствительность свободных и иммобилизованных клеток к выбранным тушителям свечения приблизительно одинакова и в целом соответствует литературным данным.

Разработана технология непрерывного биомониторинга токсикантов в режиме реального времени. Аппаратурное обеспечение включало камеру с проточной кюветой, фотодетектор с электронным блоком, систему протока среды (морская вода или 2% NaCl), и систему инъекции пробы. Условия протока оптимизированы на основе анализа времени тушения свечения минимальными концентрациями токсикантов: скорость протока — 0.5 мл/мин, время запаздывания инжестируемой пробы объемом 100 мкл — 2–5 сек, объем реактора — 1.5 мл, 1 сферическая гранула.

Установлено, что в режиме протока эмиссионная активность стабильна в течение суток при температуре раствора 10–20°C. Кинетика тушения свечения в режиме протока отличается от кинетики тушения в дискретном режиме наличием релаксации. Кинетика реверсии эмиссии отражает обратимость ингибиторного эффекта, хотя уровень свечения после вымывания токсиканта может не соответствовать исходному. С ростом концентрации токсинов время релаксации увеличивается, однако даже при концентрациях ингибиторов, превышающих EC-50 на порядок при выбранной скорости протока, сохраняется не менее 10% люминесцентной активности. Быстрое восстановление ак-

тивности при отмыве ингибитора позволяет использовать один иммобилизованный препарат для многократной детекции проб.

Разработанные технологии биолюминесцентного анализа на свободных и иммобилизованных фотобактериях, выделенных из акватории Белого моря, в дискретном и непрерывном режиме, в силу высокой чувствительности, быстродействия и стабильности, могут быть перспективны для экспресс-детекции загрязнителей в водных акваториях и промышленных стоках в режиме реального времени, а также в контроле за процессами биотрансформации и деградации токсинов.

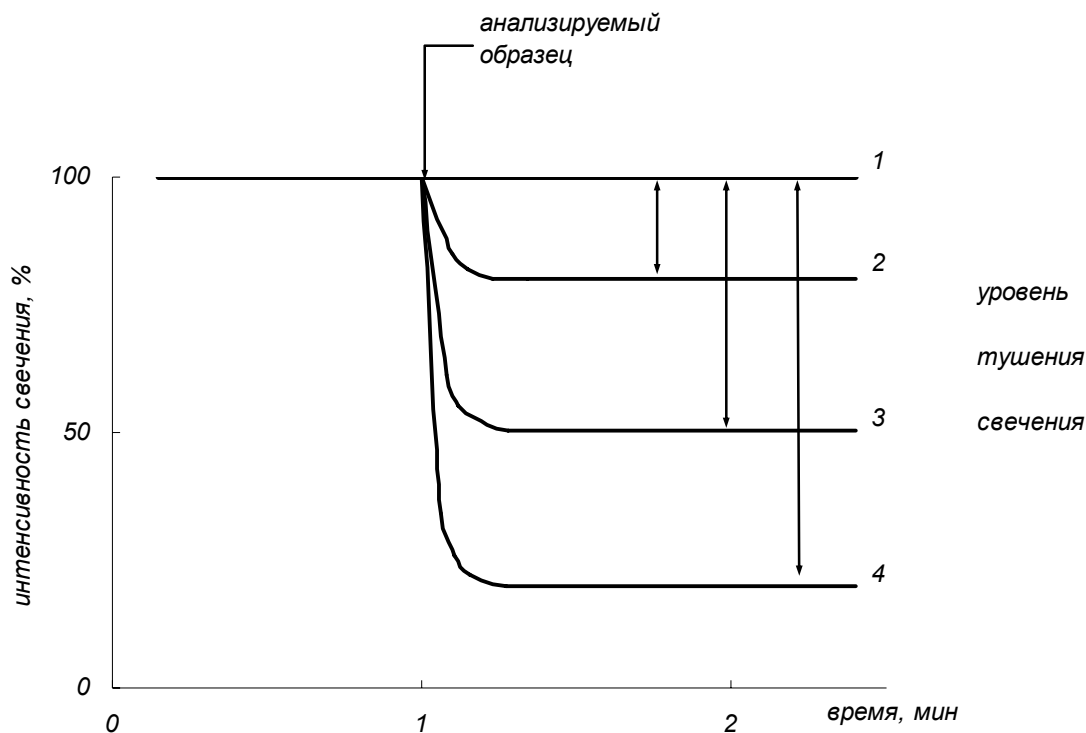


Рис. Принцип биолюминесцентного тестирования токсичности. Индикатор степени загрязненности образца – уровень тушения свечения фотобактерий: 1 – образец нетоксичен (нет тушения свечения); 2 – образец мало токсичен (тушение свечения  $\leq 20\%$ ); 3 – образец токсичен (тушение свечения  $\sim 50\%$ ); 4 – образец сильно токсичен (тушение свечения  $\geq 80\%$ ).

## ВНУТРИВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ COI МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ ДНК МИНОГИ *LETHENTERON CAMTSCHATICUM* НА ЕЕ АРЕАЛЕ

**В.С. Артамонова, А.В. Кучерявый**

Институт проблем экологии и эволюции РАН, e-mail: valar99@mail.ru, scolopendra@bk.ru

Проходная паразитическая тихоокеанская минога *Lethenteron camtschaticum* Tilesius, 1811 (синоним *L. japonicum*) широко распространена в Голарктике. В Палеарктике ареал вида простирается от Японских островов на востоке, охватывает Сахалин, Камчатку и другие прибрежные территории Дальнего Востока России, а также почти все побережье Северного Ледовитого океана, доходя на западе до Белого моря. Виды со столь широким ареалом характеризуются, как правило, высоким внутривидовым генетическим разнообразием, которое формируется по мере их расселения из центра происхождения. Примерами служат хозяева паразитических видов миног, в том числе, лососевые и сиговые рыбы. Значительное генетическое разнообразие в пределах ареала, выявляемое у лососеобразных при изучении митохондриальной ДНК, позволяет реконструировать центры происхождения, пути расселения, области приледниковых рефугиумов и зоны вторичных контактов (Махров, Болотов, 2005).

Внутривидовое генетическое разнообразие большинства видов миног, в том числе, *L. camtschaticum*, до сих пор не охарактеризовано, а между тем, такая характеристика совершенно необходима не только для изучения путей расселения, но и для прояснения целого ряда вопросов, связанных с происхождением разных видов миног и степенью родства между ними. Кроме того, изучение вопроса, вероятно, поможет пролить свет на особенности популяционной структуры вида.

В настоящее время генетическую характеристику вида дают, как правило, на основании последовательности гена цитохромоксидазы I (COI) митохондриального генома (Barcoding). В связи с этим мы изучили последовательность фрагмента мтДНК длиной 1072 п. н., включающего данный ген, для четырех проходных миног Камчатки (р. Утхолок). Кроме того, были проанализированы образцы, полученные от половозрелых особей *L. camtschaticum* из р. Таз (бассейн Карского моря) и р. Сума (бассейн Белого моря), а также миноги, выловленной непосредственно в Белом море. Дополнительно в анализ были включены три последовательности для интересующего нас вида, представленные в международной базе данных GenBank – для двух миног с Японских островов (AB198746 и AB198747) и одной (AB198745) из р. Ола (Магаданская обл.). Эти последовательности были несколько короче секвенированных нами: на 5'-конце у них отсутствовало 26 нуклеотидов, а на 3'-конце – 37 нуклеотидов. Таким образом, согласно нашей нумерации, первому нуклеотиду последовательностей из GenBank соответствует 27-ой нуклеотид наших последовательностей.

Гаплотип COI с наиболее часто встречающимися нуклеотидами во всех сайтах, по которым наблюдался полиморфизм, был характерен для одной из миног р. Утхолок (Утхолок № 2). Ниже представлена таблица нуклеотидных вариаций для всех изученных последовательностей COI. Как видно из приведенных данных, внутривидовое разнообразие *L. camtschaticum* оказалось исключительно низким, несмотря на то, что в анализ были включены особи из максимально удаленных друг от друга частей ареала: только пять нуклеотидных позиций из 1072 были полиморфными, что составляет менее 0.5% длины изученного фрагмента. Обращает на себя внимание отсутствие выраженной географической приуроченности каких-либо нуклеотидных замен. Так, особь, вы-

ловленная в Белом море имела гаплотип, полностью идентичный гаплотипу миноги из р. Ола, в то время как общая для этих особей нуклеотидная замена отсутствовала у всех остальных изученных экземпляров, в том числе, у второй особи из бассейна Белого моря.

Таблица

Нуклеотидное разнообразие в локусе COI мтДНК *L. camtschaticum*

Место сбора материала	Полиморфные нуклеотидные позиции				
	163	304	451	958	1057
р. Утхолок № 1 (Камчатка)	С	Т	Г	Т	Г
р. Утхолок № 2 (Камчатка)	С	Т	Г	Т	А
р. Утхолок № 3 (Камчатка)	С	Т	А	Т	Г
р. Утхолок № 4 (Камчатка)	С	Т	Г	Т	Г
р. Таз (бас. Карского моря)	С	А	Г	Т	А
р. Сума (бас. Белого моря)	Т	А	Г	Т	А
Белое море	С	Т	Г	С	А
р. Ишикари (Хоккайдо, Япония)	С	Т	Г	Т	–
р. Могами (Ямагата, Япония)	С	Т	Г	Т	–
р. Ола (Магаданская область)	С	Т	Г	С	–

В настоящее время нет никаких оснований предполагать, что гаплотипы, встретившиеся нам только однажды, маркируют принадлежность данной конкретной миноги к определенной популяции. Дело в том, что у четырех проанализированных особей р. Утхолок мы зарегистрировали три различных гаплотипа. Это может свидетельствовать о том, что разнообразие гаплотипов у особей, нерестящихся в каждой конкретной реке, возможно, не ниже, чем разнообразие гаплотипов на ареале в целом. Такая ситуация вполне вероятна, особенно если учесть, что речь идет о *L. camtschaticum*, которая паразитирует на проходных рыбах, и может попадать из моря в произвольную реку вместе с рыбами-хозяевами (то есть у *L. camtschaticum* отсутствует хоминг).

Вопрос о популяционной структуре миноги *L. camtschaticum* до настоящего времени остается малоизученным, однако полученные нами генетические данные свидетельствуют о том, что между миногами этого вида из различных частей ареала может существовать интенсивный обмен генами. В противном случае, объяснить наблюдаемое низкое внутривидовое разнообразие на уровне мтДНК и особенно встречаемость идентичных гаплотипов в удаленных друг от друга частях ареала оказывается затруднительным, особенно если учесть исключительное разнообразие условий обитания *L. camtschaticum* в пределах ареала. Достаточно отметить, что у рыб-хозяев из разных местообитаний наблюдается выраженная дифференциация на генетическом уровне, которая способствует их адаптации к условиям нерестовых рек и мест нагула (Павлов и др., 2006; Артамонова, 2007).

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента РФ № МК-1392.2009.4.

## ЗООБЕНТОС ПОРОГОВЫХ УЧАСТКОВ ЛОСОСЕВЫХ НЕРЕСТОВЫХ РЕК БАСЕЙНА БЕЛОГО МОРЯ

**И.А. Барышев, А.Е. Веселов**

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, e-mail: baryshev@bio.krc.karelia.ru

Разветвленная гидрографическая сеть бассейна Белого моря включает около 80 нерестовых лососевых рек. Руслу большинства из них характеризуются ступенчатым профилем, имеют значительное падение, насыщены чередующимися с плесами порогами и озерными участками (Грицевская, 1965; Ресурсы..., 1972). Эффективность воспроизводства лососевых рыб во многом определяется качественными и количественными характеристиками зообентоса – основы пищевого рациона молоди (Шустов, 1983). Изучение состава и обилия донных беспозвоночных организмов необходимо для определения экологической емкости нерестово-выростных участков рек и прогнозирования численности смолтов. Цель данной работы – выявить видовой состав и определить количественные характеристики зообентоса лососевых нерестовых рек в бассейне Белого моря.

Пробы зообентоса отбирали на пороговых участках обитания молоди лосося и кумжи (глубины 0.2–0.6 м, скорости течения 0.3–0.8 м/с) с помощью количественной рамки типа «Surber» площадью 0.04 м<sup>2</sup> (Методические рекомендации..., 1989). Видовое определение проводили по Определителю пресноводных беспозвоночных России... (1997, 1999, 2001). Работы осуществляли в летнюю межень (конец июля – начало августа), что позволило получить сравнимые результаты. Всего с 1999 по 2008 гг. собрано и обработано 114 проб из 25 рек (рис.).

На исследованных пороговых и перекатных участках беломорских рек выявлено более 70 видов и таксонов надвидового уровня (Барышев, Веселов, 2005; Барышев и др., 2005; Комулайнен и др., 2008, 2009). По численности и биомассе доминируют амфибиотические насекомые: Trichoptera, Chironomidae, Ephemeroptera, Simuliidae, Plecoptera. Наиболее распространены следующие виды: Ephemeroptera – *Serratella ignita* (Poda), *Ephemerella mucronata* Bengtsson, *Heptagenia dalecarlica* Bengtsson, *Baetis rhodani* Pictet, *Baetis fuscatus* Linnaeus, *Baetis scambus* Eaton, *Baetis vernus* Curtis; Plecoptera – *Isogenus nubecula* Newman, *Taeniopteryx nebulosa* Linnaeus, *Amphinemura borealis* (Morton), *Leuctra fusca* Linnaeus; Trichoptera – *Rhyacophila nubila* Zetterstedt, *Hydropsyche pellucidula* Curtis, *Hydropsyche silfvenii* Ulmer, *Arctopsyche ladogensis* (Kolenati), *Polycentropus flavomaculatus* Pictet, *Neureclipsis bimaculata* (Linnaeus), *Hydroptila* sp., *Oxyethira* sp.; Coleoptera – *Elmis maugetii* Latreille, *Oulimnius tuberculatus* (Müller); Chironomidae – *Cricotopus* gr. *algarum*, *Cricotopus* gr. *tremulus*, *Cricotopus* spp., *Orthocladus* spp., *Rheotanytarsus curtistylus* Goetghebuer, *Eukiefferiella* sp., *Ablabesmyia* sp.

Видовой состав зообентоса рек бассейна Белого моря отличается от зообентоса северных рек Баренцева моря (Яковлев, 2005; Комулайнен и др., 2009; Барышев, 2010) и от зообентоса расположенных южнее рек Онежского озера (Хренников, 1987; Барышев, Веселов, 2007). Кроме того, в пределах бассейна в широтном направлении наблюдается постепенное изменение видового состава. Так, зообентос рек южной части (Сума, Нюхча, Руйга) отличается большим числом видов сем. Hydropsychidae (Trichoptera) – *Arctopsyche ladogensis* (Kolenati), *Cheumatopsyche lepida* (Pictet), *Hydropsyche pellucidula* (Curtis), *H. siltalai* Doehler, *Ceratopsyche newae* Kolenati, *C. silfvenii* Ulmer. Однако, в реках северной части бассейна (Качковка, Поной, Даниловка, Лиходеевка, Пулонга, Усть-Пялка, Пялица, Стрельна, Чаваньга, Индера, Варзуга) из этого семейства выявлены



только *Arctopsyche ladogensis*, *Hydropsyche pellucidula* и *Ceratopsyche newae*. В целом, по составу зообентоса, реки южной части Белого моря близки к рекам Онежского озера. Например, клоп *Aphelocheirus aestivalis* (F.), обычный в реках Онежского озера, отмечен только в реках южной части Белого моря. Род *Rhyacophila* (Trichoptera) в реках юга Белого моря, как и в реках Онежского озера, представлен одним видом *Rh. nubila* Zett. Также прослеживается близость видового состава зообентоса рек Баренцева моря и северной части Белого, в частности здесь распространена веснянка *Arcynopteryx compacta* (McLachlan) и отсутствуют многие «южные» виды.

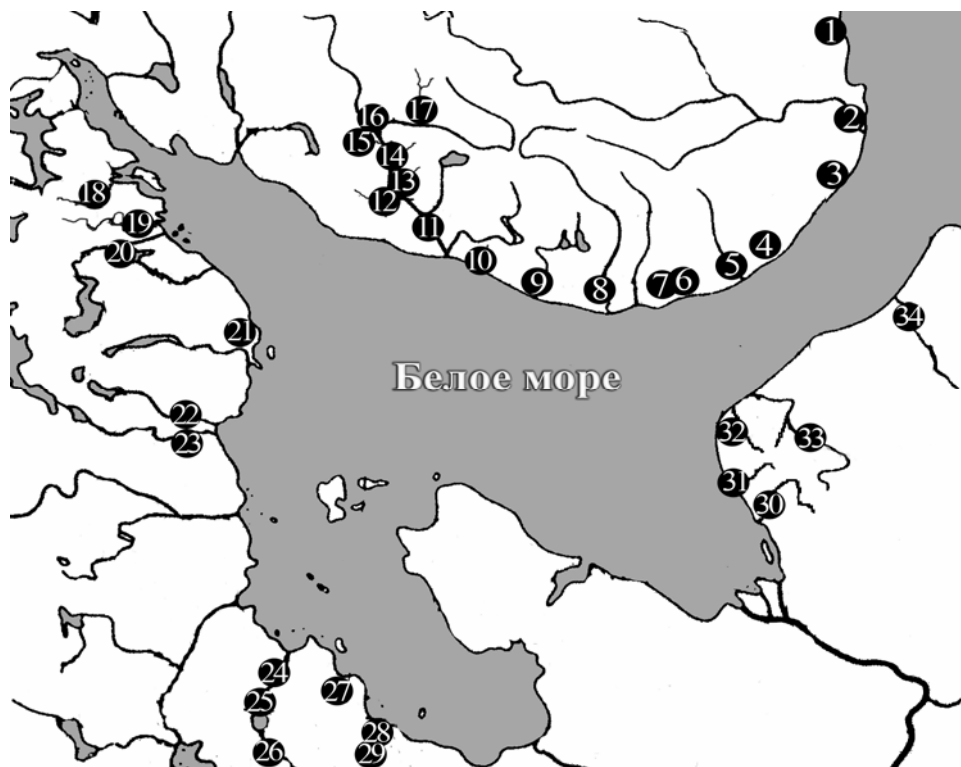


Рис. Схема расположения рек и станций отбора проб: 1 – Качковка, 2 – Поной, 3 – Даниловка, 4 – Лиходеевка, 5 – Пулонга, 6 – Усть-Пялка, 7 – Пялица, 8 – Стрельна, 9 – Чаваньга, 10 – Индера, 11-17 – Варзуга с притоками, 18 – Нильма, 19 – Пулоньга, 20 – Кереть, 21 – Гридина, 22 – Кузема, 23 – Поньгома, 24–26 – Сума, 27 – Руйга, 28–29 – Нюхча, 30 – Куя, 31 – Софьина, 32 – Торожма, 33 – Золотица, 34 – Мегра.

Средние значения численности и биомассы зообентоса для рек бассейна Белого моря составляют  $4390 \pm 1054$  экз./м<sup>2</sup> и  $3.9 \pm 0.72$  г/м<sup>2</sup>. Выявленные количественные характеристики зообентоса существенно ниже, чем в расположенных южнее реках Онежского озера –  $9.8 \pm 3.31$  экз./м<sup>2</sup> и  $13.3 \pm 4.70$  г/м<sup>2</sup> (Khrennikov et al., 2007), но выше, чем в реках бассейна Баренцева моря –  $1480 \pm 249$  экз./м<sup>2</sup> и  $2.1 \pm 0.50$  г/м<sup>2</sup> (Барышев, 2010). Внутри беломорского бассейна прослеживается изменение биомассы зообентоса в широтном направлении. Наименьшие значения отмечены в реках более сурового по климату Кольского п-ова ( $2.4 \pm 0.29$  г/м<sup>2</sup>), в то время как в реках южной части бассейна моря (Карелия и Архангельская область) биомасса существенно выше ( $4.6 \pm 1.64$  г/м<sup>2</sup>).

Таким образом, по кормовым условиям реки бассейна Белого моря для молоди лосося и кумжи соответствуют градации «средний уровень корма» (Шустов, 1983). Этого достаточно для формирования весьма высоких плотностей распределения ( $70$ – $120$  экз./м<sup>2</sup>) молоди лососевых рыб на пороговых и перекатных участках большинства беломорских рек (Веселов, 2006).

Работа выполнена по Программе Президиума РАН «Биологическое разнообразие» при финансовой и технической поддержке Варзугского НИЦ полярных экосистем.

## РОСТ И МЕТАБОЛИЗМ *ARCTICA ISLANDICA* (BIVALVIA): ОСОБЕННОСТИ БЕЛОМОРСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ

**Л.А. Басова**

С.-Петербургский государственный университет, С.-Петербург, e-mail: lbasova@hotmail.com

*Arctica islandica* – рекордсмен по продолжительности жизни среди животных – широко распространен по американскому и европейскому побережью Атлантического океана, а также в Белом и Баренцевом морях. Раковины *A. islandica* являются важнейшим хранителем информации о темпах роста животного и отражают условия окружающей среды, в которых моллюск существовал в течение жизни. Существуют методики, позволяющие определять возраст моллюска по кольцам зимней остановки роста, откладывающимся в раковине. Было показано, что в Исландии моллюск может доживать до 405 лет (Wanamaker et al, 2008), однако в Белом море продолжительность жизни *A. islandica* существенно ниже (Герасимова, Максимович, 1988, Begum et al, 2009). Одна из теорий старения связывает продолжительность жизни с интенсивностью метаболизма: активные радикалы кислорода, образующиеся в процессе аэробного обмена, с возрастом вызывают окисление и разрушение важнейших клеточных структур (Harman, 1956). Условия обитания могут оказывать влияние на скорость метаболизма и скорость роста *A. islandica*. Белое море характеризуется пониженной соленостью (25‰) и большой амплитудой годовых колебаний температуры (12°C). Целью данного исследования является изучение особенностей роста и метаболизма *A. islandica* в беломорских популяциях. В рамках цели были поставлены следующие задачи:

1. определение продолжительности жизни *A. islandica* в популяциях Белого моря;
2. сравнение скорости роста моллюсков из беломорских популяций с другими европейскими популяциями;
3. сравнение скорости аэробного метаболизма *A. islandica* в популяции Кандалакшского залива и других европейских популяций.

Скорость роста и продолжительность жизни были определены для моллюсков из двух беломорских популяций: Онежского залива (Соловецкий архипелаг) и Кандалакшского залива (губа Чупа). Для сравнительного анализа скорости роста и метаболизма *A. islandica* были использованы данные популяций из Исландии, Норвежского моря, Северного моря, Каттегата и Балтийского моря. Возраст определяли по количеству ростовых линий на поперечном спиле раковины моллюсков (Shoene et al, 2005). Рост *A. islandica* описывали линейной моделью роста Берталанфи

$$H = H_{\infty} \left[ 1 - e^{-k(t-t_0)} \right],$$

где  $H$  – высота раковины моллюска, мм;  $t$  – возраст моллюска, годы;  $H_{\infty}$ ,  $k$ ,  $t_0$  – константы;  $n$  – количество моллюсков.

Интенсивность потребления кислорода определяли при естественной температуре местообитаний и повышенной на 5°C температуре акклимации.

Максимальная продолжительность жизни *A. islandica* в европейских популяциях варьирует от <40 лет (Балтийское море) до >300 лет (Исландия) (Begum et al, 2009, Wanamaker et al, 2008). В популяции Кандалакшского залива она составляет чуть более 50 лет, однако в Онежском заливе моллюски достигают 100-летнего возраста. В Кандалакшском заливе *A. islandica* характеризуются низкой скоростью роста, интенсивный рост продолжается только до 15–20 лет, тогда как моллюски из других популяций растут до 50–70 лет, достигая в результате больших размеров. Моллюски из Онежского залива имеют высокую скорость роста, сходную с остальными европейскими популяциями (таблица).

Параметры уравнения Бергаланфи для разных популяций *A. islandica*

Популяции <i>A. islandica</i>	$H_{\infty}$	$k$	$t_0$	$n$	$r^2$
Европа и Онежский залив Белого моря	84.63	0.041	-4.251	435	0.867
Кандалакшский залив Белого моря	36.21	0.179	0.604	65	0.486

*A. islandica* из Кандалакшского залива при повышении температуры на 5 градусов увеличивает интенсивность метаболизма в полтора раза ( $Q_{10} = 2.4$ ), в европейских популяциях значения  $Q_{10}$  варьируют от 1.1 до 4.8. Интенсивность потребления кислорода *A. islandica* в Кандалакшском заливе, приведенная к стандартному размеру особей и стандартной температуре сравнима со значениями, полученными для популяций Исландии и Северного моря и ниже, чем в остальных исследованных популяциях. Чем ниже скорость потребления кислорода, тем меньше оксидативный стресс, испытываемый моллюском. Невысокая продолжительность жизни и скорость роста в Кандалакшском заливе может быть следствием неоптимальных для обитания моллюсков условий. Можно предположить, что моллюск в условиях низкой солености и сильных сезонных колебаний температуры должен тратить больше энергии на поддержание жизнедеятельности и осмотического баланса, чем в полносоленых (за исключением Балтийского моря) и более стабильных условиях обитания европейских популяций. Чтобы выявить причины, вызывающие увеличение продолжительности жизни и скорости роста *A. islandica* в Онежском заливе Белого моря необходимо подробное изучение средовых характеристик и интенсивности метаболизма моллюсков из данного местообитания.

#### Список литературы

- Герасимова А. В., Максимович Н. В. Структура и продукционные характеристики поселения и биоценоза *Arctica islandica* (L.) в губе Чупа (Белое море) // Вестник ленинградского университета. 1988. Сер. 3, вып. 2, № 10.
- Begum S., Basova L., Strahl J., Sukhotin A., Heilmayer O., Philipp E. E. R., Brey T., Abele D. A metabolic model for the ocean quahog *Arctica islandica* – effects of animal mass and age, temperature, salinity and geography on respiration rate // J Shellfish Res. 2009. Vol. 21, № 3.
- Harman D. Aging: a theory based on free radical and radiation biology // J. Gerontol. 1956. Vol. 11.
- Schoene B. R., Fiebig J., Pfeiffer M., Gles R., Hickson J., Johnson A. L. A., Dreyer W., Oschmann W. Climate records from a bivalve *Methuselah* (*Arctica islandica*, Molluska; Iceland) // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2005. Vol. 228.
- Wanamaker A. D., Heinemeier J., Scourse J. D., Richardson C., Butler P., Eiriksson J. and Knudsen K. Very long-lived mollusks confirm 17-th century AD tephra-based radiocarbon reservoir ages for north Icelandic shelf waters // Radiocarbon. 2008. Vol. 50.

## ВЗАИМОСВЯЗЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИДИИ *MYTILUS EDULIS* LINNAEUS В ПОЛЕВЫХ И ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

**И.Н. Бахмет**

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, e-mail: igor.bakhmet@gmail.com

Изучение физиологического состояния морских беспозвоночных при изменении факторов окружающей среды является одной из основных задач морской биологии. В последнее десятилетие, благодаря изобретению методики дистантной регистрации сердечной активности (Depledge, Andersen, 1990), у исследователей появилась возможность оценки реакций животных, как в лабораторных, так и в полевых условиях. Вышеуказанная методика активно использовалась при изучении реакций морских беспозвоночных в ответ на изменение содержания кислорода (Marshall, McQuaid, 1994), солености (Bakhmet et al., 2005), температуры (Aagard, 1996), на присутствие различных поллютантов (De Pirro et al., 2001; Bakhmet et al., 2009 и др.). В этих работах постулировалось наличие положительной корреляции между сердечной активностью и скоростью потребления кислорода. В то же время, работ по оценке взаимосвязи частоты сердечных сокращений (ЧСС) и уровнем общего метаболизма явно недостаточно. Кроме того, практически отсутствуют эксперименты по сравнению показателей сердечной активности морских беспозвоночных в лабораторных и полевых условиях. Эти данные чрезвычайно важны при разработке теорий поведения животных в природе на основе камеральных исследований. В связи с этим, нами было проведено изучение сердечной активности и уровня потребления кислорода мидии *Mytilus edulis* в лаборатории и полевых условиях.

Эксперименты проводились на Беломорской биологической станции им. Скарлатто ЗИН РАН (губа Чупа, Кандалакшский залив, Белое море) в октябре 2009 и марте 2010 гг. Сублиторальные моллюски были собраны с установок для искусственного выращивания мидий с глубины около 2 метров в бухте Круглая. Осенью мидии содержались при температуре +5°C (температура поверхностного слоя в море – +2 ÷ +4°C, весной – при 0 – +1°C (температура поверхностного слоя: –1 ÷ –1.5°C).

Сердечная активность выходила на плато через сутки после помещения животных в лабораторные условия, что ранее было показано и в случае помещения мидий в море (Bakhmet, Zdorovenov, 2008). В весенних и осенних экспериментах была показана достоверная степенная зависимость, как ЧСС, так и уровня потребления кислорода от всех морфологических показателей (длина раковины, высота раковины, ширина раковины, объем раковины, сырой и сухой вес). При этом уровень потребления кислорода был повышенным в первые 1–1.5 ч регистрации с последующим резким снижением. Дальнейший анализ позволили установить положительную корреляцию между сердечной активностью и уровнем потребления кислорода (рис.).

Уравнения, описывающие зависимость сердечной активности моллюсков в полевых и лабораторных условиях от морфологических показателей имели сходные коэффициенты.

Вышеуказанные результаты позволяют предположить, что, во-первых, лабораторные условия содержания не оказывают кардинального влияния на физиологическое состояние моллюсков и, во-вторых, сердечная активность может быть использована, как показатель общего уровня обмена веществ.

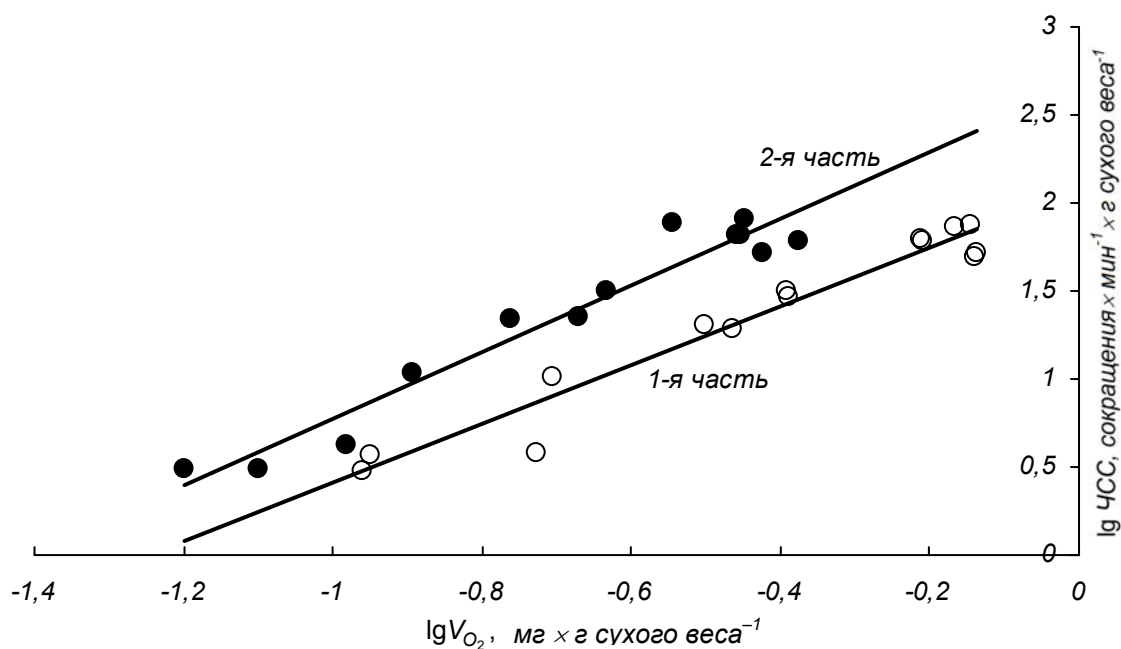


Рис. Зависимость сердечной активности мидий от уровня потребления кислорода (1 часть – начало регистрации, 2 часть – продолжение регистрации).

#### Список литературы

- Aagaard A. 1996. In situ variation in heart rate of the shore crab *Carcinus maenas* in relation to environmental factors and physiological condition // *Mar. Biol.*, Vol. 125, pp. 765–772.
- Bakhmet I.N., Berger V.Ja., Khalaman V.V. 2005. The effect of salinity change on the heart rate of *Mytilus edulis* specimens from different ecological zones // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, Vol. 318, Is. 2, pp. 121–126.
- Bakhmet I.N., Zdorovenov R.E. 2008. The cardiac activity of two species of Bivalvia in long-term experiment in the field / 2nd Marine mollusc physiology conference Physiomar 08 «Marine molluscs in a changing environment», Ed. Ifremer. Brest, France, September 1–4. p. 16.
- Bakhmet I.N., Fokina N.N., Nefedova Z.A., Nemova N.N. 2009. Physiological–biochemical properties of blue mussel *Mytilus edulis* adaptation to oil contamination // *Environ. Monit. Assess.*, Vol. 155, pp. 581–591.
- De Pirro M., Chelazzi G., Borghini F., Focardi S. 2001. Variation in cardiac activity following acute exposure to copper in three co-occurred but differently zoned Mediterranean limpets // *Mar. Pollut. Bulletin.*, Vol. 42, № 12, pp. 1390–1396.
- Depledge M.H., Andersen B.B. 1990. A computer-aided physiological monitoring system for continuous, long-term recording of cardiac activity in selected invertebrates // *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 96, pp. 474–477.
- Marshall D.J., McQuaid C.D. 1994. Seasonal and diel variations of in situ heart rate of the intertidal limpet *Siphonaria oculus* Kr. (Pulmonata) // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 179 (1), 1–9.

## ОБИЛИЕ И ПАРАМЕТРЫ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ПИКОФИТОПЛАНКТОНА В ПРОЛИВЕ ВЕЛИКАЯ САЛМА БЕЛОГО МОРЯ

Т.А. Белевич, Л.В. Ильяш

Московский государственный университет, e-mail: 3438083@list.ru

К пикофитопланктону (ПФ) относят эукариотные водоросли и цианобактерии с размерами менее 3 мкм. Эти мельчайшие автотрофы могут давать основной вклад в суммарную биомассу и продукцию фитопланктона, особенно в периоды низкого обилия микрофитопланктона. Численность и продукционные характеристики ПФ в Белом море оценены только в губе Чупа в июне – июле (Ильяш, 1998). Для других районов моря и других периодов вегетационного сезона сведения о ПФ отсутствуют. В настоящей работе представлены данные о численности, биомассе и параметрах флуоресценции ПФ в проливе Великая Салма Кандалакшского залива в июле – августе.

Пробы воды отбирали пятилитровым батометром с глубины 2.5 м в середине пролива напротив ББС МГУ с 26 июля по 16 августа 2009 г. Помимо этого у о. Великий в центральной части пролива Великая Салма были отобраны пробы с 7 горизонтов (табл.). Подготовку проб, подсчет численности ( $N$ ) и биомассы ( $B$ ) ПФ проводили по методикам, описанным ранее (Ильяш, 1998; Verity et al., 1992). Для оценки параметров флуоресценции ПФ водоросли размером более 2.2 мкм удаляли путем фильтрации проб воды через камеру обратной фильтрации с нуклеопоровым фильтром с диаметром пор 2.2 мкм. Протокол измерений с использованием флуорометра WaterPAM (Walz, Германия) соответствовал методологии быстрых световых кривых (Schreiber et al., 1986), позволяющей оценить максимальную квантовую эффективность фотосистемы 2 ( $F_v/F_m$ ), коэффициент максимальной утилизации световой энергии ( $\alpha$ ), максимальную относительную скорость электронов по электрон транспортной цепи ( $rETR_{max}$ ) и насыщающую интенсивность света ( $E_n$ ).

За три недели наблюдений численность ПФ изменялась в пределах  $4.8\text{--}13.3 \times 10^6$  кл/л (таблица), составив в среднем  $9.1 \pm 3.1 \times 10^6$  кл/л. Биомасса ПФ изменялась в пределах  $0.84\text{--}2.13$  мг С/м<sup>3</sup> (среднее  $1.65 \pm 0.57$  мг С/м<sup>3</sup>).

В ПФ преобладали цианобактерии, вклад эукариотных водорослей в суммарную численность и биомассу ПФ колебался от 0 до 2.7% и от 0 до 19.2%, соответственно. Значения максимальной квантовой эффективности фотосистемы 2 ПФ были невысокими. Однако такие оценки  $F_v/F_m$  не являются свидетельством плохого физиологического состояния ПФ, поскольку в ПФ доминировали цианобактерий, флуоресценция которых характеризуется рядом особенностей (Schreiber et al., 1986). Относительно низкие значения  $E_n$  свидетельствуют о способности ПФ эффективно использовать световую энергию в условиях низкой освещенности, а также о возможности фотоингибирования их фотосинтетической активности в подповерхностном горизонте. Из параметров флуоресценции в наибольшей степени варьировала величина  $rETR_{max}$ , что, по-видимому, обусловлено межсуточными изменениями падающей радиации. Зависимости параметров  $\alpha$ ,  $rETR_{max}$  и  $E_n$  от биомассы ПФ не выявлено.

В вертикальном распределении ПФ отмечен пик биомассы на глубине 2.5 м, и ее возрастание с глубиной ниже 5 м. На горизонте 50 м отмечены самые высокие значения  $N$ ,  $B$ ,  $\alpha$  и  $F_v/F_m$ . Такой характер вертикального распределения свидетельствует об адаптации ПФ к условиям низкой освещенности. В Белом море на горизонтах ниже 10–15 м обилие микрофитопланктона крайне низкое (Ильяш и др. 2003). Выявленное высокое

обилие ПФ в слое 25–50 м свидетельствует о том, что на этих глубинах основным звеном первичных продуцентов является ПФ.

Таблица

Численность ( $N$ ), биомасса ( $B$ ), коэффициент максимальной утилизации световой энергии ( $\alpha$ ), максимальная относительная скорость электронов по электрон транспортной цепи ( $rETR_{max}$ ), насыщающая интенсивность света ( $E_n$ ) и максимальная квантовая эффективность фотосистемы 2 ( $F_v/F_m$ ) пикофитопланктона.

Дата	$N \cdot 10^6$ , кл/л	$B$ , мг С/м <sup>3</sup>	$\alpha$ , усл. ед.	$rETR_{max}$ , усл. ед.	$E_n$ , мкЕ/(м <sup>2</sup> с)	$F_v/F_m$
Середина пролива у ББС, глубина 2.5 м						
26.07.	9.0	1.81	0.0458	6	131	0.22
29.07.	8.5	1.77	0.0562	7.2	128	0.27
01.08.	10.8	1.92	–	–	–	0.20
04.08.	12.6	2.13	0.0249	4.7	189	0.15
07.08.	13.3	2.41	0.0954	19.1	200	0.27
10.08.	8.7	1.46	0.0716	18.1	253	0.19
13.08.	4.8	0.86	0.0525	9.4	179	0.17
16.08.	5.0	0.84	0.0552	10.5	190	0.20
Вертикальный разрез у о. Великий, 08.08.						
Глубина	$N \cdot 10^6$ , кл/л	$B$ , мг С/м <sup>3</sup>	$\alpha$ , усл. ед.	$rETR_{max}$ , усл. ед.	$E_n$ , мкЕ/(м <sup>2</sup> с)	$F_v/F_m$
0 м	7.46	1.30	0.0398	3.1	78	0.20
2.5 м	17.56	2.96	0.0328	5.0	152	0.29
5 м	3.42	0.62	0.0269	2.1	78	0.10
10 м	8.82	1.48	0.0373	5.8	155	0.12
15 м	9.40	1.58	0.0375	11.7	312	0.09
25 м	13.00	2.19	0.0367	12.7	346	0.24
50 м	19.40	3.26	0.0460	4.5	98	0.31

### Список литературы

- Ильяш Л.В. Пикофитопланктон Кандалакшского залива Белого моря // Вестник Московск. ун-та. Сер. 16. Биология. 1998. № 2. С. 49–52.
- Ильяш Л.В., Житина Л.С., Федоров В.Д. Фитопланктон Белого моря. М.: Янус-К, 2003. 168 с.
- Verity P.G., Robertson C.Y., Tronzo C.R., Andrews M.G., Nelson J.R., Sieracki M.E. Relationship between cell volume and the carbon and nitrogen content of marine photosynthetic nanoplankton // Limnol Oceanogr. 1992. V. 37. P. 1434–1446.
- Schreiber U., Schliwa U., Bilger W. Continuous recording of photochemical and non photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer // Photosynth. Res. 1986. V. 10. P. 51–62.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРОФИЧЕСКИХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ ЭКОСИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЫБНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛОГО МОРЯ

В.Я. Бергер<sup>1</sup>, В.И. Черноок<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Зоологический институт РАН, С.-Петербург, e-mail: berger.vic@gmail.com

<sup>2</sup>НИИ Гипрорыбфлот, С.-Петербург, e-mail: chernook@mail.ru

Одним из основных показателей продуктивности и промыслового потенциала водоемов служит обилие рыб, занимающих в трофических цепях промежуточное положение между источником пищи (зоопланктоном и зообентосом) и ихтиофагами (млекопитающими и птицами). Запасы рыб определяются обилием пищи и прессом хищников и промысла. Их зависимость от эффективности воспроизводства, воздействия паразитов и других факторов, рассматриваться не будет. Ограничимся лишь анализом того, как запасы рыб Белого моря связаны с продукцией зоопланктона и зообентоса и как они соотносятся с потреблением морскими млекопитающими.

Расчеты, произведенные на основании сведений о показателях обилия, калорийности и годовых *P/B*-коэффициентах, показали, что годовая продукция зоопланктона и зообентоса эквивалентны соответственно  $0.63 \times 10^{13}$  ккал и  $0.9 \times 10^{13}$  ккал (Бергер, 2007). Суммарная годовая продукция зоопланктона и макрозообентоса, эквивалентна  $1.53 \times 10^{13}$  ккал. Это – тот энергетический ресурс, используя который, существуют планктоноядные и бентосоядные рыбы. Энергетические траты хищных рыб, покрываемые в конечном счете из того же источника, отдельно не рассматривались.

Запасы рыб разных видов, обитающих в Белом море, изучены крайне неравномерно. Общая биомасса беломорской сельди колеблется в последние годы на уровне 8–14 тыс. т, а запас наваги, равный в среднем 4 тыс. т, относительно стабилен (Отчет СевПИПРО, 2003). Запасы «второстепенных» (не облавливаемых Гословом) рыб, таких как, треска, корюшка, пинагор, камбалы, мойва, зубатка и др., равны 10–12 тыс. т. Что касается «частиковых рыб» (колюшки, бычков, бельдюги, песчанки, маслюка, липариса и др.), то их запасы не определены даже приблизительно. В связи с этим будем исходить в расчетах из того, что запас сельди – 12 тыс. т, а запас наваги и «второстепенных» рыб – 16 тыс. т. Их продукция и потребление пищи за год эквивалентны соответственно  $1.8 \times 10^{10}$  ккал и  $1.2 \times 10^{11}$  ккал (Бергер, 2007). Таким образом, рацион уценных рыб составляет менее 1% общей продукции зоопланктона и зообентоса. Следовательно, их запасы не лимитированы пищевыми ресурсами и могут быть значительно больше.

К массовым млекопитающим Белого моря, питающимся преимущественно рыбой, относятся белуха, гренландский тюлень, кольчатая нерпа и в меньшей степени морской заяц. За последние годы с внедрением новых методов авиаучета представления о численности стада белух Белого моря значительно изменились. Показано (Глазов и др., 2008; Назаренко и др., 2008), что в июле 2005–2008 гг. численность белух, находящихся на поверхности Белого моря, составляла 5.0–7.4 тыс. голов (таблица).

Результаты зимних авиасъемок опровергли прежнее мнение, что почти все белухи на зиму покидают Белое море. В марте 2005 и 2008 гг. на поверхности Белого моря было зарегистрировано соответственно 1251 и 1600 животных (Лукин и др., 2006; Назаренко и др., 2008).

При авиасъемках белухи, находящиеся на глубине, не регистрируются. Принято считать (Hammill et al., 2004), что их общее количество примерно в три раза больше того, что отмечено на поверхности. Исходя из этого, можно заключить, что летом 2005–



2008 гг. общее количество белух составляло 15–22 тыс. голов, а в марте 2005 и 2008 годах их было 3–4 тысячи.

Таблица

Данные о численности белух в Белом море по результатам авиаучетов в июле 2005–2008 гг. (Глазов и др., 2008)

Год учета	Общая численность белух на поверхности моря, шт.	95% доверительный интервал
2005	7464	5352 – 10137
2006	5533	4083 – 7332
2007	5009	3565 – 7037
2008	6498	4664 – 8818

Учитывая полученные оценки, и считая ежедневное потребление рыбы равным 4% от массы тела (Матишов, Огнетов, 2006), можно заключить, что за год беломорским стадом белух потребляется около 50–60 тыс. т рыбы.

Кольчатой нерпой и морским зайцем съедается за год соответственно около 7 и 10 тыс. т (Лукин, Огнетов, 2009), а гренландским тюленем, если пересчитать имеющиеся данные (Светочев, Светочева, 2009), за короткий период пребывания в Белом море, потребляется около 6 тыс. т рыбы. Суммарно морские млекопитающие за год съедают около 70–80 тыс. т рыбы, что значительно превосходит учтенные запасы рыбы в Белом море.

Таким образом, численность морских млекопитающих может служить неплохим критерием для оценки ресурсного потенциала бассейна, и приведенные выше цифры свидетельствуют, что рыбные запасы Белого моря в настоящее время недооцениваются. По-видимому, запасы промысловых рыб (сельди, наваги и семги) определены более или точно, тогда как запасы «второстепенных» и, в особенности, «частиковых» рыб недостаточно изучены и (или) сильно занижены.

Работа поддержана программой «Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга».

#### Список литературы

- Бергер В.Я. Продукционный потенциал Белого моря. – СПб, ЗИН РАН. 2007. 292 с.
- Глазов Д.М., Черноок В.И., Жариков К.А., Назаренко Е.А., Мухаметов Л.М., Болтунов А.Н. Авиаучет белух (*Delphinapterus leucas*) в июле 2005–2007 гг. в Белом море: распределение и численность // Морские млекопитающие Голарктики. – Одесса, «Астропринт». 2008. С. 194–198.
- Лукин Л.Р., Огнетов Г. Н. Морские млекопитающие Российской Арктики: эколого-фаунистический анализ. – Екатеринбург, УрО РАН. 2009. 202 с.
- Лукин Н. Н., Зырянов С.В., Терещенко В. А., Егоров С. А. Распределение морских млекопитающих на акватории Белого моря в весенний период (по данным авиасъёмки ПИНРО 2004 и 2005 гг. / Морские млекопитающие Голарктики. – СПб. 2006. С. 330–332.
- Матишов Г.Г., Огнетов Г.Н. Белуха *Delphinapterus leucas* арктических морей России: биология, охрана и использование ресурсов. – Апатиты, КНЦ РАН. 2006. 295 с.
- Назаренко Е.А., Черноок В.И., Глазов Д.М., Мухаметов Л.М. Распределение белух (*Delphinapterus leucas*) в Белом море в марте 2008 г. / Морские млекопитающие Голарктики. – Одесса, «Астропринт». 2008. С. 383–385.
- Отчет СевПИНРО о научно-исследовательской работе. – Архангельск: СевПИНРО. 2003. 152 с.
- Светочев О.Н., Светочева О.Н. Экология питания гренландского тюленя весной в Белом море // Доклады Академии Наук. Сер. биол. 2009. Т. 429. № 4. С. 571–573.
- Hammill M.O., Lesage V., Gosselin J.F., Bourdages H., De March B.G.E. and Kingsley M.C.S. Evidence for a decline in northern Quebec (Nunavik) belugas // Arctic 57 (2). 2004. P. 183–195.

## ХАРАКТЕР РАЗМЕЩЕНИЯ И ЧИСЛЕННОСТЬ КОЛЬЧАТОЙ НЕРПЫ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ

**Н.С. Бойко**

Кандалакшский государственный природный заповедник, e-mail: kand\_reserve@com.mels.ru

Кольчатая нерпа *Phoca (Pusa) hispida* Schreber, 1775 является одним из постоянных видов в составе териофауны Кандалакшского залива. В жизни нерпы выделяют два периода: зимний, период ледостава и летне-осенний, период открытой воды. После распада льда нерпа рассредоточивается по всей акватории залива. Наши наблюдения охватили территорию от о. Малого (67° 08' N) до Нищевской губы (66°48' N). Для данного района характерно наличие групп островов, архипелагов, и обширных мелководий. В данном сообщении мы приводим результаты работ за период 2003–2009 годы, продолжение исследований опубликованных ранее (Лукин, Огнетов, Бойко, 2006).

Учеты залежек и числа животных на них в районе исследования проводили с мая по октябрь с моторной лодки и с судна ССП во время отлива и в штилевую погоду, т. е. в оптимальных условиях для залегания тюленей. Можно выделить два основных варианта размещения залежек: тюлени выходят для отдыха на корги в виде россыпи камней (Анисимовские корги), на корги – скалы (луда Добрушка), расположенные в отдалении от островов. Нерпы также выходят для отдыха на камни вдоль берега островов и непосредственно на побережье (луда Роговая). Залежки могут располагаться практически на всех участках берега, однако на каждом острове имеются места, где образование залежек им наиболее удобно (о. Гульмаха, северный мыс; луда Добрушка, северо-западный мыс). Тюлени предпочитают располагаться близко от воды, обеспечивая беспрепятственный сход в воду. Однако некоторые нерпы во время отлива нередко оказываются далеко от воды и становятся уязвимыми для наземного хищника. Находясь на территории, где антропогенное беспокойство минимально, тюлени покидают места залежки (уходят в воду) на расстоянии 100 м от фактора беспокойства, некоторые звери – 20–30 м, в акватории архипелага Тарасиха – 200–300 м.

На исследуемой территории места отдыха тюленей сохраняются в течение всего сезона открытой воды. Меняется только количество тюленей на них (таблица). На некоторых участках нерпы встречаются рассеяно, единично или совсем отсутствуют. В большинстве случаев число нерп не превышает 3–7 особей у острова.

Таблица

Динамика максимального числа нерп на некоторых залежках

Место	Весна	Особей	Осень	Особей
Анисимовские корги	26.05.2003	29	01.10.2009	25
Гульмаха, северный мыс	22.05.2009	82	18.08.2006	43
Сеннухи Б. и М., луды	13.06.2000	17	18.08.2006	44
Седловатый, о.	09.06.2008	20	11.09.2008	83
Роговая, луда	25.06.2003	69	03.08.2005	63

По результатам учетов с судна ССП в первых числах августа, встречаемость нерпы в Западной Ряшковой салме (от о. Ряшкова до луды Сиротка) колебалась от 1.3 ос./10 км в 2006 г. до 18.7 ос./10 км в 2009 г. В Восточной (Кибринской) салме (от Кибринской Северной луды до о. Ряшкова) – от 7.9 ос./10 км в 2009 г. до 42.9 ос./10 км в 2005 г.

Средний многолетний показатель плотности размещения нерпы в летний период (2004–2009 гг.) по архипелагам (по 18 учетов в каждом) показывает, что в сравнении с данными 2000–2003 гг., он составил у о. Большого Березового 0.52 экз. на 100 га, остался на том же уровне. В акваториях Оленьего архипелага – 0.20 ос./100 га против 0.29; Северного архипелага – 1.02 ос./100 га против 1.37, Кибринского – 3.4 против 2.3, о. Седловатого – 5.7 против 5.9. В открытой части Кандалакшского залива в акватории архипелага Тарасиха по данным пяти учетов в первых числах августа (по одному в 2004–2009 гг., кроме 2007 года) она была 1.4 ос./100 га.

Таким образом, по данным встречаемости и материалам учетов, количество нерпы в вершине Кандалакшского залива в 2004 г составило 103 экз., в 2005 г. – 106, 2006 г. – 200, 2008 г. – 101, 2009 г. – 100 особей. Эти данные подтверждают, что численность нерпы в шхерной части залива в летний период продолжает сохраняться на невысоком уровне и составляет 150–200 особей (Бойко, 1999).

В вершине залива в период нагула показатель численности нерп в 2004–2009 гг. составлял в августе 3.7 экз. (lim 1.7–8.2), сентябре 3.0 (lim 1.9–5.3) октябре 4.4 (lim 1.5–8.8) особей за встречу. Динамика их в этот период связана с наличием и доступностью кормовой базы. В последние годы в районе исследования помимо сельди, отмечаются скопления трехиглой колюшки и песчанки. Подход наваги в данные годы был очень слабым. Встречаемость нерпы на местах скопления рыбы по результатам наблюдений ( $n=81$ ) в 2004–2009 годы составила: в мае 2.0 (lim 2–2,  $n=4$ ), июне 5.5 (lim 2–13,  $n=11$ ), июле 6.3 (lim 2–23,  $n=23$ ), августе 11.8 (lim 2–100,  $n=25$ ), сентябре 21.0 (lim 3–40,  $n=3$ ), октябре 27.0 (lim 2–95,  $n=15$ ) особей на одну встречу. Поисково-охотничье поведение нерпы в годы наблюдения, в основном было одного типа – в форме «кольца», в отличие от предыдущих лет (Лукин и др., 2006).

Среди врагов нерпы первое место в последние годы занимают одичавшие собаки. Определены группы собак, которые специализировались по добыче пищи на льду залива, где они охотятся на тюленей, находящихся у лунок, полыней или у майны, проделанной ледоколом. Ежегодно и ежемесячно в период ледостава инспектор охраны В.Б. Вошиков, регистрирует случаи охоты собак на нерп и нередко удачные. В настоящее время в вершине залива собаки контролируют территорию площадью 230 км<sup>2</sup>.

Таким образом, проводимый мониторинг позволяет осуществлять регулярную оценку состояния и экологические особенности вида, его численность, следить за экологической обстановкой в вершине Кандалакшского залива.

#### Список литературы

- Бойко Н.С. 1999. Встречаемость массовых видов морских млекопитающих в Кандалакшских шхерах в 1987–1997гг. / III международный семинар «Рациональное использование прибрежной зоны северных морей» (Кандалакша, 17 июля 1998 г.): Материалы докладов. – СПб. С. 52–59.
- Лукин Л.Р., Огнетов Г. Н., Бойко Н.С. 2006. Экология кольчатой нерпы в Белом море. – Екатеринбург: УрО РАН. 165 с.

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ МОРСКОЙ ТРАВЫ *ZOSTERA MARINA* LINNAEUS В БЕЛОМ МОРЕ: СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП

**М.В. Букина, М.В. Иванов, Е.В. Шатских**

С.-Петербургский государственный университет, e-mail: ivmisha@gmail.com

Еще в первой половине XX века морская трава *Zostera marina* (или взморник морской) образовывала обширные заросли на илисто-песчаных мелководьях Белого моря. Однако к осени 1960 года в большинстве акваторий Белого моря морская трава данного вида начала интенсивно погибать и к весне 1961 года от некогда пышных лугов остались только лишь воспоминания. В дальнейшем происходило постепенное восстановление зарослей. И если, известно, что до массовой гибели в море в целом добывалось до 400 тонн взморника, то после 1960 года и по сей день данных по его добыче нет, промысел практически не ведется.

В связи с этим мы решили сопоставить данные по ресурсам zostеры в рамках наших современных мониторинговых исследований с данными беломорских рыбзаводов занимавшихся заготовлением zostеры до 1960 года.

Нами были проанализированы архивные материалы Беломорской Биологической станции Карельского отделения АН СССР, которая работала в пос. Гридино с 1949 г. В этих материалах содержатся данные о количестве выловленной рыбы, морского зверя и водорослей на Беломорских рыбзаводах и колхозах.

Оценку современного состояния и межгодовой изменчивости зарослей zostеры проводили на участке побережья протяженностью 40 км в районе МБС СПбГУ (Кандалакшский залив): от острова Средний (бухта Юшковка) до губы Никольская. Картирование и сбор материала проводили в августе – начале сентября в 2003, 2005 и 2008 годах по единообразной методике. Наблюдения вели с борта катера в малую воду. При визуальном обследовании вдоль побережья с помощью спутникового навигатора «Garmin» отмечали координаты начала и конца зарослей. Средняя ширина зарослей оценивалась с помощью мерной рейки. Биомассу zostеры в типичных биотопах определяли как вес ее сырых надземных побегов (без капельной влаги) на 1 м<sup>2</sup>. Исходя из площади зарослей и средней биомассы zostеры для каждого участка нами были рассчитаны ее ресурсы.

По данным архивных материалов приемом у рыбаков взморника морской в 1950–60-е годы занимались 25 беломорских рыбзаводов. Однако основных рыбзаводов, заготавливавших взморник морской было только семь: Вирма, Колежма, Сумпосад, Сухое, Центральная база имени Ильича, Шуерецкое, Юкова. Все они располагались довольно компактно в Онежском заливе в районе г. Беломорск. На эти семь рыбзаводов приходилось от 60 до 100% всего промысла взморника. Больше всего взморника (от 250 до 350 тонн в год) поступало в период с 1950 по 1955 (рис.). Начиная с 1956 г. наблюдался спад в добыче взморника. Если обратиться к архивным данным по добыче взморника вблизи района нашего исследования (Керетский рыбзавод), то здесь zostеры добывали гораздо меньше. Так, максимальная добыча zostеры составила около 2 тонн в 1952 г.

По нашим данным на протяжении пяти лет наблюдений (2003–2008 гг.) на мониторинговом участке ресурсы zostеры составляли 90–100 тонн, табл. Все отмеченные заросли расположены в спокойных, защищенных от волнового воздействия бухтах и губах. Общая протяженность таких биотопов составляет всего 9 км – 22% от длины обследованного участка.

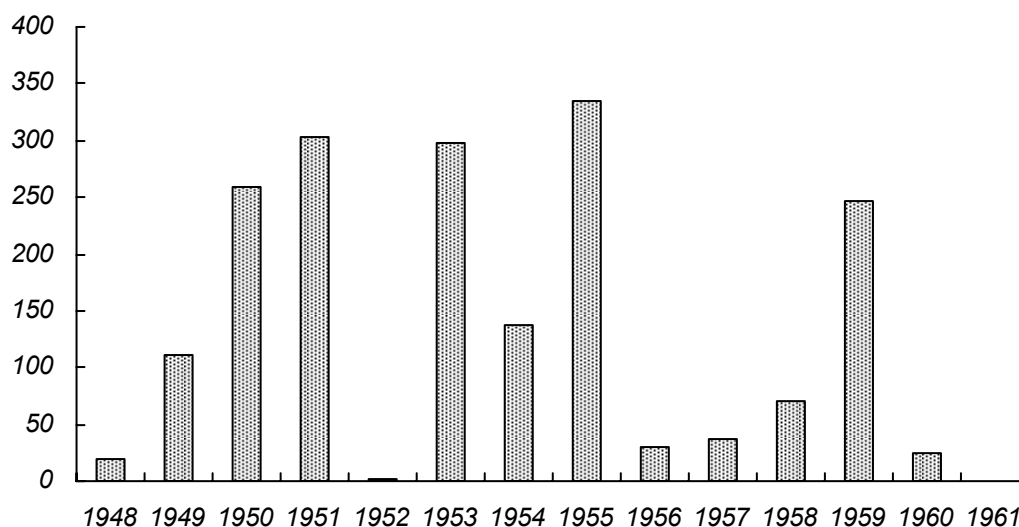


Рис. Динамика промысла взморника морского по данным беломорских рыбозаводов (для 1952 года в архиве отсутствуют отчеты большинства рыбозаводов). По оси ординат – масса взморника в тоннах.

Таблица

Величина ресурсов (тонны) морской травы на мониторинговом участке (Кандалакшский залив).

Акватория	2003 г.	2005 г.	2008 г.
бухта Юшковка	4.5	3.5	3
губа Ежевникова	0.3	0.9	0.03
губа Летняя	45	15.9	33.4
губа Осечкова	14.2	31.4	23.6
<b>Всего (тонн)</b>	<b>64</b>	<b>51.7</b>	<b>60</b>
пролив г. Осечкова – г. Никольская	0.6	3.5	–
губа Никольская	22.8	46.5	–
<b>Всего (тонн)</b>	<b>87.4</b>	<b>101.7</b>	–

В небольших губах и бухтах (бухта Юшковка, губа Ежевникова) величина ресурсов zostеры от года к году варьирует в пределах тонны. В больших, протяженных бухтах и губах размах варьирования может составлять до 30 тонн. Примечательно, что в губе Летняя с 2003 по 2005 г. ресурсы zostеры уменьшаются, а с 2005 по 2008 гг. – увеличиваются, в губах Никольская и Осечкова тенденция прямо противоположная, что, по нашему мнению, свидетельствует об отсутствии общих межгодовых трендов изменения обилия.

Судя по архивным данным, в 1950-х годах в Белом море добывали до 400 тонн zostеры в год. По нашим приблизительным расчетам в Онежском заливе 6 основных рыбозаводов при сборе zostеры эксплуатировали около 150–200 км побережья, хотя, возможно, часть взморника доставлялась из более дальних акваторий. Исходя из наших данных – на условно эксплуатируемом участке длиной в 40 км ресурсы zostеры составляют около 100 тонн. Таким образом, на 200 км побережья в Кандалакшском заливе приходится около 500 тонн взморника. Очевидно, что из них годными для добычи будет менее половины, допустим – только 200 тонн. Архивные данные свидетельствуют о том, что в Кандалакшском заливе взморника добывали существенно меньше, чем в Онежском: объемы добычи Керетского рыбозавода составили около 2 тонн в 1952 г. Исходя из наших данных, такой уровень годовой добычи на данный момент легко доступен.

Конечно, более точное сравнение требует исследования ресурсов zostеры в местах расположения бывших рыбозаводов в Онежском заливе, но, тем не менее, исходя из наших данных, мы можем предварительно постулировать, что уровень ресурсов zostеры в

Белом море на сегодняшний момент достаточен для обеспечения промысла аналогичного промыслу в 1950-х годах. Кроме того, наши пятилетние мониторинговые наблюдения показывают, что при локальных межгодовых флуктуациях внутри отдельных губ и бухт, величина ресурсов zostеры на изученном участке побережья с 2003 по 2008 г. остается относительно стабильной. По-видимому, процесс восстановления зарослей *Z. marina* в Белом море после предшествующей массовой гибели в 1960-х годах практически завершен.

## ВОСПРОИЗВОДСТВО АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ В РЕКАХ ВОСТОЧНОЙ ФЕННОСКАНДИИ (КАРЕЛИЯ И КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

А.Е. Веселов<sup>1</sup>, Д.А. Ефремов<sup>1</sup>, Е.Н. Белякова<sup>2</sup>, К.Ю. Потапов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, e-mail: veselov@krc.karelia.ru

<sup>2</sup>Петрозаводский государственный университет

По гидрологическим показателям нами была проведена систематизация и инвентаризация нерестовых водотоков Восточной Фенноскандии (Веселов, 2006). Однако при этом не были учтены важные для воспроизводства лосося характеристики, такие как площадь нерестово-выростных участков (НВУ), плотности распределения молоди, запасы нерестовых мигрантов. В связи с этим цель работы состояла в сборе и анализе гидрологических и «биологических» показателей нерестовых рек и лососевых популяций, принадлежащих к Баренцеву, Белому и озерному бассейнам Восточной Фенноскандии.

По комплексу показателей, представленных как многопараметрическая система, был проведен многомерный статистический анализ (Харин, 1992) с целью выявления группы ведущих факторов и последующей систематизации нерестовых рек. Анализ проводился отдельно по бассейнам морей и озер, а также в целом для рек Восточной Фенноскандии (таблица).

Таблица

Общие характеристики рек и популяций атлантического лосося

Характеристики рек	Бассейны					Всего
	Баренцевоморский (Кольский п-ов)	Беломорский (Кольский п-ов)	Беломорский (Карелия)	Онежский	Ладожский	
Длина (сум.), км	2110	2542	2203	946	1173	8973
Падение, м	180±57	194±56	111±47	141±64	111±58	164±64
Относительное падение, м	7.0±6.0	4.8±2.5	1.39±0.7	1.8±0.9	1.1±0.5	4.4±4.4
Коэффициент озерности, %	10.0±3.5	4.6±3.1	9.8±5.3	6.2±5.8	7.0±6.0	7.8±4.8
Плотность молоди, экз./100 м <sup>2</sup>	38±27	20±15	54±37	143±95	99±79	48±39
Запас производителей, экз.	34860	151950	9500	5950	1860	204120
Потенциальный запас производителей, экз.	203020	452700	66350	39400	29300	790770
Площадь НВУ, га	2007	6040	4940	490	587	14062

Анализ расположения баренцевоморских рек в факторном пространстве позволил выявить две различные группы. Большинство рек (30 из 38) по комплексу показателей образовали одну большую группу, что свидетельствует о сходстве условий воспроизводства лосося: плотности молоди составляют 25–35 экз./100 м<sup>2</sup>, падение 150–190 м, запас производителей от 300–1500 экз., реже до 3000–5000 экз. В отдельную группу выделились реки Кола, Печенга, Харловка, Большая Западная Лица, Рында, Титовка, которые характеризуются средней протяженностью, весьма высокими плотностями распределения молоди лосося (40–50 экз./100 м<sup>2</sup>) и относительно

высокими запасами. Самостоятельно представлены крупные реки – Иоканьга и Тулома. Первая, как типичная озерно-речная система, обладает наибольшими запасами лосося и значительным фондом НВУ, а вторая представляет собой развитую речную систему, не имеющую достаточного запаса.

В беломорском бассейне Кольского п-ова проанализировано 38 нерестовых рек. Также большинство водотоков объединилось в одну группу с примерно одинаковыми запасами, но существенно различающихся по падению. В другую группу вошли реки (Стрельна, Умба, Кица) характеризующиеся высокими плотностями молоди, длиной и увеличенным стоком. Выделились крупные реки – Варзуга и Поной, из которых первая имеет большее падение, максимальные запасы и площади НВУ.

В беломорском бассейне Карелии систематизировано 22 реки. Большинство из них объединилось в одну большую группу с низкими запасами, существенными площадями НВУ и потенциальными возможностями воспроизводства лосося. Отдельно от них расположена река Кереть, обладавшая недавно сравнительно высоким запасом и имеющая возможность увеличения численности лососей. Также в факторном пространстве выделились две крупные озерно-речные системы – Выг и Кемь, утратившие при их зарегулировании запасы лосося и основные площади НВУ.

Из притоков Ладожского и Онежского озер в отдельную группу объединились такие реки, как Сюскуан-йоки, Тулема, Лижма, Кумса, Пяльма, Уукса, характеризующиеся высокими значениями относительного падения и плотности молоди лосося, но не достаточными запасами. Другие, протяженные реки – Паша, Оять (Ладога), Водла (Онего) также в настоящее время не обладают промысловыми запасами, однако имеют весьма крупные и не используемые площади НВУ, которые потенциально связаны с возможной высокой численностью лосося. Среди них отдельно расположены две крупные реки – Шуя (Онего) и Бурная (Ладога). Первая еще 3–5 лет назад имела достаточно высокую численность нерестовых мигрантов и значительные площади не используемых НВУ, а вторая характеризуется как протяженная озерно-речная система с большой площадью водосбора и высоким расходом воды, но малыми площадями НВУ и, как следствие, низким запасом лососей.

Таким образом, для лососевых рек всех бассейнов можно выделить три ведущих гидрологических показателя – длина реки, площадь водосбора и падение. Однако падение для беломорских рек Карелии имеет значение только на относительно коротких пороговых участках, где воспроизводится лосось, и которые связывают между собой цепи многочисленных озер, формирующих равнинный характер этих рек. Наличие озер определяет для большинства рек повышенные значения среднегодового расхода воды. Исключение – баренцевоморские реки, где дополнительно ведущим показателем становится модуль стока, что вполне согласуется с увлажненным климатом данного района. Из других показателей для рек Кольского п-ова важнейшим является площадь НВУ: чем она больше, тем больше запас производителей. Однако для рек Карелии (как беломорских, так и озерных), при благоприятных соотношениях прочих показателей – потенциальный запас выходит на первое место, т. е. в настоящее время в реках нерестует производителей лосося в несколько раз меньше, чем обеспечен естественный ресурс для молоди.

В целом, анализ рек по бассейновому принципу позволил выявить комбинации ведущих факторов, определяющих продуктивность нерестовых рек.

Работа выполнена по Программе Президиума РАН «Биологическое разнообразие», при финансовой и технической поддержке РФФИ (№ 08-04-91-771-АФ\_а) и Варзугского НИЦ полярных экосистем.



Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 32–33.

## О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ОРГАНИЗАЦИИ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ МЯГКИХ ГРУНТОВ В ЛИТОРАЛЬНОЙ И СУБЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЕ БЕЛОГО МОРЯ (КЕРЕТСКИЙ АРХИПЕЛАГ)

**А.В. Герасимова, Н.В. Максимович, Е.К. Кузнецова,  
Ф.М. Мартынов, Л.С. Касаткина, А.П. Медведчук**

С.-Петербургский государственный университет, e-mail: agerasimova64@mail.ru

Цель работы изучение микрораспределения организмов в донных сообществах мягких грунтов в литоральной и сублиторальной зоне Белого моря в районе Керетского архипелага (Кандалакшский залив). Объекты исследования – участки бентали в районе Керетского архипелага: песчаный пляж в бухте Ключиха (1), песчано-илистые пляжи у о-ва Большой Горелый (2), в губе Яковлева (3) и в проливе Сухая Салма (4) – и один участок песчано-каменистого дна на глубине 4 – 15 м у о. Матренин. На литоральных участках применен систематический отбор проб с использованием решетки смежных квадратов (4×4, 4×8 и 8×8) (в дальнейшем это станции). Размер выборочных площадок – от 0.1 м<sup>2</sup> до 1 м<sup>2</sup>. Исследования проведены в июне-начале августа 2003–2009 гг. На сублиторальном участке у о-ва Матренин наблюдения осуществлялись в 1984, 1985 и 2002, 2006, 2007 гг. дночерпателями (1/20 м<sup>2</sup> и 1/40 м<sup>2</sup>) вдоль трансекты через каждые 20 м (11 станций). Станция – 3 пробы. В период исследования после 2003 года на каждой станции литоральных и сублиторальных участков взяты пробы грунта для определения содержания органических веществ и гранулометрического состава. Сравнение станций по показателям обилия организмов макробентоса, характеристикам донных отложений и оценка сопряженности в распределении отдельных видов проведены с применением кластерного анализа. В качестве меры расстояния между описаниями использовано расстояние Евклида.

Структура выделенных сообществ оказалась ординарной для Белого моря. В составе литоральных сообществ обнаружено от 5 до 27 таксонов макробентоса, по биомассе доминировали двустворчатые моллюски *Macoma balthica* (участки 1, 2), *Mya arenaria* (участки 1, 3), взморник морской *Zostera marina* и нитчатые водоросли (участок 4), по численности в большинстве биотопов преобладали эпибентические брюхоногие моллюски *Hydrobia ulvae* (до 90% суммарной численности сообществ). В осушной зоне заметны относительно слабые проявления гетерогенности микрораспределения макробентоса. Так, в результате сравнения станций по показателям обилия таксонов в каждый момент наблюдения на отдельных полигонах было выделено две–четыре группы, основные различия между которыми связаны с особенностями распределения в пределах участка преобладающих по численности и биомассе форм: *H. ulvae*, *Mac. balthica*, *Mya arenaria*, *Z. marina*, однако набор доминант в выявленных группировках не менялся. В ряде случаев картирование опытных полигонов представляло собой картирование пятен агрегации массовых форм, что могло определяться микробиотопической неоднородностью исследуемых участков (Бурковский и др., 1996). При этом в большинстве случаев группировка станций по показателям обилия таксонов слабо совпадает с группами станций, выделенными по характеристикам донных отложений. Нам не удалось обнаружить явной сопряженности в распределении отдельных таксонов в пределах участков, а выявленные группировки оказались крайне не устойчивы в ряду нескольких лет наблюдений.

С иной ситуацией мы столкнулись при изучении пространственного распределения бентоса в сублиторальной зоне у о-ва Матренин. Всего найдено 86 таксонов беспозво-

ночных. По численности преобладали многощетинковые черви (в среднем около 60% суммарной численности макробентоса), по биомассе — двустворчатые моллюски (около 90% суммарной биомассы). Обнаруженные различия в доминирующих по биомассе видах на станциях позволяют говорить о наличии в пределах участка по крайней мере двух сообществ, разделенных сравнительно узким экотонном: глубины более 6–7 м во все года наблюдений оккупированы сообществом *Arctica islandica*, в мелководной зоне участка в отдельные годы исследований доминировали разные виды: *Alitta virens*, *Tridonta*, *Serripes groenlandicus*, *Elliptica elliptica*.

При изучении сопряженности в распределении в пределах участка отдельных видов макробентоса нам удалось выявить группы ассоциированных таксонов, количественное распределение которых по глубинам участка практически не менялось в ряду наблюдений: 1 – формы, приуроченные в основном к мелководной зоне участка (глубины менее 6–7 м) – *S. groenlandicus*, *Tridonta borealis* и *A. virens*; 2 – формы, достигающие максимального обилия на глубинах свыше 10 м (глубоководная зона) – *A. islandica*, *Ophiura robusta*; 3 – обитатели центральной части полигона с практически равномерным распределением по глубинам – *Hiatella arctica*, *Mya arenaria*, *E. elliptica*, *Nicania montagui*, *Ciliatocardium ciliatum* и др. Мы попытались найти объяснение такой устойчивой неравномерности распределения организмов макрозообентоса в изменчивости физико-химических характеристик донных отложений и гидрологических условий. Только в 2006 году обнаружена связь распределения отдельных видов с изменениями характеристик донных осадков. В 2007 году аналогичные результаты получить не удалось. С позиций сезонных изменений гидрологических характеристик на разных глубинах мы пока не можем объяснить гетерогенность распределения бентоса в пределах участка. Также не удалось на данном этапе исследований найти и надежного доказательства влияния на распределение донных организмов биотических факторов.

Таким образом, в динамичных условиях литоральных пляжей мы наблюдали относительно незначительные проявления гетерогенности в распределении донных организмов, причем плотность поселений литорального бентоса мягких грунтов, по видимому, слабо регулируется отношениями между составляющими его видами, а отсутствие выровненности в распределении гидробионтов, очевидно, обусловлено их аутоэкологическими особенностями. С другой стороны в более стабильных условиях сублиторальной зоны отмечена устойчивая на протяжении многих лет определенная спецификация в распределении бентоса: обнаруженные донные сообщества четко сменяли друг друга по глубине, также к определенным глубинам оказались приурочены и отдельные группировки массовых форм.

## НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О БИОЛОГИИ БЕЛОМОРСКОЙ ТРЕСКИ

Ю.В. Гончаров<sup>1</sup>, Г.В. Фукс<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Северный филиал ПИНРО, Архангельск, e-mail: gik@sevpinro.ru

<sup>2</sup>Двинско-Печорское территориальное управление, Архангельск, e-mail: fuksg@mail.ru

В настоящее время беломорскую треску *Gadus morhua marisalbi* рассматривают как единую самовоспроизводящуюся генетически однородную совокупность особей в ранге самостоятельной популяции не подразделенную на репродуктивно изолированные группировки. Треска Мезенского залива относится к мурманской прибрежной треске и в данной работе не рассматривается.

Данные о биологии беломорской трески были собраны в 2001–2007 годах в береговых командировках и рейсах научно исследовательских судов.

Беломорская треска постоянно держится в прибрежных участках Белого моря и является традиционным объектом промысла местного населения. Центр обитания трески в Белом море – Кандалакшский залив и прилегающие к нему районы. В Двинском заливе встречается до Унской губы, единично до о. Ягры в куту залива, в Онежском до о. Кондостров.

По характеру питания беломорская треска всеядна – имеет широкий спектр объектов питания. Как показали исследования, спектр питания меняется с увеличением размеров. Мелкая треска потребляет червей, ракообразных, мелкую рыбу. У взрослой трески весом более 300 грамм начинает преобладать рыбная пища, (сельдь, навага, корюшка и др.). В питании встречались 19 объектов: брюхоногие моллюски, капшак, краб-хвост, креветки, маслюк, черви, офиуры, шримс, люмпенус, ракообразные, фукус, керчак, голотурии, навага, треска, сельдь, песчанка, ершоватка, морская козочка. Ракообразные составили 47.7%, из них 68% креветки как молодь, так и взрослые особи, 22.3% – рыбные объекты, 15.2% – черви, остальные виды незначительно.

Средние биологические характеристики трески из сетных, удебных и траловых уловов в Белом море по возрастам приведены в таблице.

Таблица

Средние биологические характеристики трески из уловов в Белом море по возрастам

Орудие лова	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+
длина АВ, см										
Сеть	–	15.9	23.7	31.2	35.8	40.5	48.0	45.7	–	–
Уда	13.4	17.2	23.1	28.7	33.9	36.5	41.2	47.7	44.9	50.0
Трал	–	17.2	21.6	28.3	33.9	–	41.0	–	–	–
Вес, г										
Сеть	–	43.0	146.2	359.8	552.2	799.3	1485.6	1157.7	–	–
Уда	22.1	58.3	137.5	281.3	483.9	607.3	895.7	1483.0	1036.3	1230.0
Трал	–	51.8	101.4	255.0	411.9	–	80.3.6	–	–	–
Возрастной состав, %										
Сеть	–	0.1	23.6	55.0	17.0	3.0	0.8	0.4	–	–
Уда	0.3	7.1	24.8	30.3	22.0	11.0	3.1	1.1	0.3	0.1
Трал	–	1.1	53.4	37.5	2.3	–	5.7	–	–	–

Сетями треска облавливалась в Онежском заливе на Соловецком архипелаге, в Коноховой губе. В Кандалакшском заливе, губе Гридина. Использовались ставные сети и ставные невода.

Удебным способом треска облавливалась в Двинском заливе, район Яндовой губы, Кандалакшском заливе, район мыса Картеш, губа Гридина, г. Княжая, г. Поньгома, Ке-

реть, Пезжостров, пролив Великая Салма. Данный вид лова оказался самым эффективным. Местные жители предпочитают именно его, поскольку рыба в сетях может быть повреждена или полностью объедена капшаком.

По результатам работ с судов, оснащенных гидроакустической аппаратурой и траловой схемой, получены следующие результаты. Во время гидроакустической съемки 1986 г в Белом море, наиболее плотные концентрации трески были обнаружены в районе о. Кемьлуды, в Великой Салме и на входе в г. Порья, Небольшие концентрации отмечены в районе г. Гридино и между островами Соловецким и Анзерским. Скопления рыб держались в виде разреженных скоплений в пелагическом слое на глубине 50–130 м. Съемка проводилась в июне с использованием эхолота «Сарган-Э» и ЕУ-М. Научно-исследовательским судном «Поиск», в 2002 году проводились пробные траления в Великой Салме, губе Гридина, и на траверзе Унской губы. В 2003 году при проведении тралово-акустической съемки в Белом море были зафиксированы скопления трески в Кандалакшском заливе. В акватории порта Кандалакша на глубинах 45–47 м. В районе мористее г. Порья наибольшая плотность скоплений обнаружена на глубине около 100–110 м), при температуре  $-1.5^{\circ}\text{C}$ . Съемка проводилась по стандартной методике с использованием эхолота фирмы «Simrad» ЕУ-500 и трала с мелкочейной вставкой в сентябре–октябре. При анализе траловых уловов выявлено наличие беломорской трески до 7%, это свидетельствует о промысловом запасе и возможности его использования. Однако необходимо отметить, что большая часть мест в Белом море, где концентрируется треска, из-за рельефа дна для облова тралом недоступна.

Выполненные гидроакустические исследования показали, что оценку численности и биомассы трески в Белом море можно успешно проводить каждый год с конца мая до середины июня, при наличии необходимых гидроакустических проборов и орудий лова.

#### Список литературы

- Андрияшев А.П. Рыбы северных морей СССР. – Москва–Ленинград, 1954. С. 173–174.
- Фролов С.Б. Рудоманов С.П. Предварительные результаты учета беломорской трески и наваги в Белом море в период тралово-акустической съемки в октябре-ноябре 2003 г. / Тезисы докладов IX Всероссийской конференции по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. – Мурманск, 2004. С. 129–131.
- Фукс Г.В., Гончаров Ю.В. Перспективы использования второстепенных видов рыб в прибрежном рыболовстве Белого моря / Материалы IV совещания международного контактного форума по сохранению местообитаний в Баренцевом регионе. – Сыктывкар, 2005. С. 42–43.
- Фукс Г.В. Некоторые черты биологии беломорской трески в районе мыса Картеш и близлежащих островов / Экологические исследования беломорских организмов. Материалы второй международной конференции. – СПб, 2007. С. 143–144.

## ФИТОПЛАНКТОН КУТОВОЙ ЧАСТИ ДВИНСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ В СЕНТЯБРЕ 2009 Г.

**Н.Г. Дворянкина**

Северный филиал ПИНРО, Архангельск, e-mail:dvoryankina@sevpinro.ru

В районе исследований было отобрано 28 проб – 14 с поверхностного горизонта и 14 с придонного. Всего было обнаружено 125 таксонов микроводорослей, принадлежащих к 7 систематическим группам: Bacillariophyta (Диатомовые водоросли), Dinophyta (Динофитовые водоросли), Chlorophyta (Зеленые водоросли), Cryptophyta (Криптофитовые водоросли), Chrysophyta (Золотистые водоросли), Cyanophyta (Синезеленые водоросли), Euglenophyta (Эвгленовые водоросли) (Криштович, 1949а; Криштович, 1949б; Курсанов, 1953).

В фитопланктонное сообщество на момент исследований входили представители различных экологических групп – океанических, морских, солоноватоводных, бентосных, а также типичные представители пресных вод. Присутствие бентосных форм микроводорослей объясняется мелководностью района исследований и влиянием берегового стока. Основу фитоценоза составляли планктонные водоросли. В состав доминирующего комплекса фитопланктонного сообщества поверхностного горизонта вошли 16 видов: неритические морские диатомовые водоросли *Asterionella formosa*, *Navicula* sp.(мелкие экземпляры), *Melosira granulata*, *Melosira distans*, *Cyclotella comta*, *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiosira nordenskioldii*, *Nitzschia longissima*, *Ditylum brightwellii*, *Chaetoceros danicus*, *Chaetoceros didymus*, *Chaetoceros* sp. (Криштович, 1949а), а также *Distephanus speculum* из зеленых водорослей, *Protoperidinium* sp. из динофитовых, *Aphanisomenon flos-aqua* из синезеленых и представители эвгленовых (Курсанов, 1953). Основной вклад в общую численность фитопланктона в поверхностном горизонте вносят диатомеи *Thalassionema nitzschioides*, *Melosira granulata*, *Nitzschia longissima* (Криштович, 1949а) и мелкие *Ankistrodesmus convolutus* (Курсанов, 1953) на станции 6. Число обнаруженных видов на станциях колебалось от 26 до 41 (таблица).

В придонном горизонте доминирующий комплекс был сходным с поверхностным, и отличался присутствием таких диатомовых водорослей, как *Chaetoceros Wigmanii*, *Melosira italica* и *Coscinosira polychorda* (Криштович, 1949а). Число обнаруженных видов на станциях колебалось от 28 до 49 (в среднем 38). Основную численность составляли те же диатомовые водоросли, что и в поверхностном горизонте, за исключением диатомей – *Skeletonema costatum* и *Chaetoceros didymus* на ст 7 (таблица).

Максимальная численность микроводорослей на поверхностном горизонте отмечена на станции 1 (наиболее приближенной к берегу) и составила 54840 кл./л. Максимум биомассы (757 мкг/л) был зафиксирован на станции 7, находящейся в самом конце разреза, где присутствовали большие колонии *Gomphosphaeria* sp. с высокой плотностью клеток и крупные экземпляры доминирующей *Melosira granulata*. Минимальная численность (12780 кл./л) обнаружена на станции 7, а минимальная биомасса (457.0 мкг/л) фитопланктона – на станции 5, расположенной примерно в центре разреза. Средняя численность и биомасса по всему разрезу в поверхностном горизонте составили, соответственно, 27157 кл./л и 614.79 мкг/л (таблица).

Качественные и количественные характеристики фитопланктона  
в Двинском заливе в сентябре 2009 г.

Станция	Горизонт	Общая численность кл./л	Общая биомасса мкг/л	Число видов	Доминирующие виды	% от общей численности
1	0	54840	525.13	26	<i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Nitzschia longissima</i> <i>Melosira granulata</i>	33 12 31
	дно	67640	791.97	31	<i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Nitzschia longissima</i> <i>Melosira granulata</i>	45 13 22
2	0	40640	518.34	34	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	46
	дно	74960	443.35	49	<i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Nitzschia longissima</i>	40 26
3	0	16680	655.28	27	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	30
	дно	110000	514.17	39	<i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Nitzschia longissima</i>	55 17
4	0	18320	684.20	34	<i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Nitzschia longissima</i>	37 19
	дно	22440	856.83	28	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	58
5	0	25960	457.0	41	<i>Melosira granulata</i> <i>Melosira italica</i> <i>Thalassionema nitzschioides</i>	41 15 12
	дно	23480	263.41	35	<i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Nitzschia longissima</i> <i>Melosira granulata</i>	18 13 12
6	0	20880	706.56	39	<i>Melosira granulata</i> <i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Ankistrodesmus convolutus</i>	16 15 17
	дно	37080	853.29	39	<i>Melosira granulata</i> <i>Thalassionema nitzschioides</i>	16 15
7	0	12780	757.03	37	<i>Melosira granulata</i>	27
	дно	98080	224.04	48	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Chaetoceros didymus</i>	30 13
среднее		44555	531.09	36		

В результате проведенных исследований было обнаружено, что фитопланктонное сообщество исследованного района в период наблюдений характеризовалось пространственной неоднородностью с доминированием представителей отдела Bacillariophyta. Продукционные показатели варьировали в небольшом диапазоне и имели мозаичное распределение. Полученные количественные и качественные характеристики сообщества микроводорослей в целом соответствуют летней стадии сукцессионного цикла развития фитопланктона Белого моря.

#### Список литературы

- Криштович А.Н. Диатомовый анализ – М.: Из-во геолог. Литер., 1949а. Т. 2. 435 с.  
Криштович А.Н. Диатомовый анализ – М.: Из-во геолог. Литер., 1949б. Т. 3. 594 с.  
Курсанов Л.И. Определитель низших растений. – М.: Советская наука, 1953. Т.2. 312 с.

## О НАХОЖДЕНИИ СИНЦА *ABRAMIS BALLERUS* (LINNAEUS, 1758) И КРАСНОПЕРКИ *SCARDINIUS ERYTHROPHthalmus* (LINNAEUS, 1758) В БАССЕЙНЕ Р. ОНЕГИ

Г.А. Дворянкин

Северный филиал ПИНРО, Архангельск, e-mail: dga@sevpinro.ru

На юго-западе Архангельской области расположен Кенозерский национальный парк (КНП) – уникальный природный комплекс, по территории которого проходит водораздел между Балтийским и Белым морем. В границах КНП находится около трехсот озер и самым крупным из них является Кенозеро (бассейн р. Онеги, впадающей в Белое море). Ихтиофауна Кенозера насчитывает 25 видов рыбообразных и рыб, постоянно обитающих в водоеме или периодически там встречающихся. Среди них интерес с зоогеографической точки зрения представляют два вида – синец *Abramis ballerus* (Linnaeus, 1758) и красноперка *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758). До 2001 г. синец даже не входил в перечень рыб национального парка, а красноперка впервые обнаружена нами в бассейне р. Онеги в 2008 г. Считается, что во время голоцена эти теплолюбивые виды в бассейне Белого моря обитали (Никольский, 1935) но, просуществовав здесь до конца II тысячелетия до н. э., исчезли вследствие похолодания в наступившем субатлантическом периоде (Цепкин, 1999). Однако наши данные подтверждают гипотезу о том, что рыбы тепловодного комплекса, попав в период потепления в северные водоемы, смогли адаптироваться к существующим условиям обитания, а в период очередного похолодания сохраниться в водоемах-рефугиях до настоящего времени (Новоселов, 2000).

Синец в Кенозере был впервые отмечен в орудиях лова в 2001 г (Лукин Новоселов, 2001). А в 2007–09 гг., во время ихтиологических исследований проводившихся автором, он облавливался уже в массовом количестве. Причины резкого увеличения численности синца в водоеме еще предстоит выяснить. В контрольных уловах это вид был представлен особями в возрасте от 4 до 10 лет. Кенозерский синец является тугорослой рыбой. Его средние размеры колебались от 13.7 см длины и массы 32 г у 4-х годовиков до 25 см и 229 г у рыб в возрасте 10 лет (таблица 1). Модальная группа выражена хорошо – 70% улова составили половозрелые особи в возрасте 7–8 лет длиной 18–22 см и массой 100–150 г. Упитанность увеличивалась с возрастом до 7 лет от 1.24 до 1.54 по Фультону и от 1.20 до 1.42 по Кларк. В старших возрастных группах эти показатели менялись незначительно.

Таблица 1

Размерно-возрастная характеристика синца Кенозера

Возраст, лет.	Средняя длина (AD), см	Средняя масса, г	Количество исследованных рыб	
			экз.	%
4	13.7±0.23	32±2.3	3	1.9
5	16.0±0.18	57±2.4	9	5.8
6	17.6±0.50	80±6.9	11	7.1
7	19.2±0.13	110±2.6	48	30.7
8	20.9±0.09	138±2.1	61	39.1
9	22.9±0.14	181±4.3	22	14.1
10	25	229	1	1.3
Всего			155	100

В Кенозере синец достигает половой зрелости в возрасте 5–6 лет (самки на год позже) при длине тела 16–18 см и массе 60–80 г. Нерестится во второй половине мая при температуре воды 12–14°C. Икра мелкая, зеленоватого цвета, откладывается на залитую растительность. Основу нерестового стада составляют рыбы в возрасте 7–8 лет. Соотношение самцов и самок равно примерно 1.5:1, но с 9 лет в уловах начинают преобладать самки. Абсолютная плодовитость с возрастом увеличивается от 6.5 до 14 тыс. икринок, относительная – от 64 до 104 икринок. Коэффициент зрелости с возрастом также растет от 7.8 до 11.9%.

Красноперка является очень редким для Архангельской области видом. Ранее она была отмечена лишь в нескольких озерах среднего течения р. Северной Двины Л.Н. Соловкиной (1969) и автором в 1981 г. в Кенозере было поймано несколько экземпляров этого вида. В контрольных уловах красноперка представлена особями в возрасте от 3 до 5 лет. У рыбы в возрасте 3 лет длина (AD) равнялась 12.2 см, масса – 43 г, у пятилетних рыб, в среднем, 16.3 см и 99 г (таблица 2). Упитанность кенозерской красноперки с возрастом увеличивается от 2.1 до 2.27 по Фультону и от 1.87 до 1.99 по Кларк. Морфометрический анализ показал, что кенозерская красноперка характеризуется достоверно большим числом жаберных тычинок (13–17) по сравнению с красноперкой средней полосы, число тычинок у которой не превышает 12.

Таблица 2

Размерно-возрастная характеристика красноперки Кенозера

Возраст, лет.	Средняя длина (AD), см	Средняя масса, г	Количество исследованных рыб	
			экз.	%
3	12.2	43	1	20.0
4	13.5	58±2.0	2	40.0
5	16.3±0.75	99±19.0	2	40.0
		Всего	5	100

В Кенозере красноперка созревает на 3 году жизни. Нерест у нее протекает в июне при температуре воды не ниже 16°C. Икра мелкая, откладывается на водную растительность. Абсолютная плодовитость кенозерской красноперки у впервые нерестующей самки составила 14.6 тыс. икринок. С возрастом абсолютная плодовитость увеличивается до 25.6 тыс. икринок. Относительная плодовитость колеблется в пределах 232–240 икринок. Коэффициент зрелости с возрастом увеличивается с 3.2 до 4.2%.

#### Список литературы

- Лукин А.А., Новоселов А.П. и др. Оценка современного состояния рыбного сообщества озера Кенозера. – Петрозаводск, 2001. 72 с.
- Никольский Г.В. Список рыб из неолита бассейна р. Онеги // Бюлл. Моск. о-ва испыт. Природы, 1935. Вып. 3. С. 113–118.
- Новоселов А. П. Современное состояние рыбной части сообществ в водоемах европейского Северо-Востока России. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – М.: ВНИИПРХ, 2000. 50 с.
- Соловкина Л.Н. О находках серебряного карася и красноперки на Европейском Северо-Востоке СССР. // Вопр. ихтиологии, 1969. Т. 9. Вып. 5. С. 945–948
- Цепкин Е.А. Ихтиофауна бассейна реки Онеги – четкий индикатор изменений климата в Голоцене // Вопр. Ихтиологии, 1999. Т. 39. № 21. С. 117–119.



## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХЕМОСЕНСОРНОЙ ОРИЕНТАЦИИ БЕЛОМОРСКОЙ ТРЕСКИ И НАВАГИ

Г.В. Девицина, Т.В. Головкина

Московский государственный университет, e-mail: gdevicyna@mail.ru

Треска (*Gadus morhua marisalbi*) и навага (*Eleginus navaga*) относятся к одному семейству Gadidae и обитают в экологически одинаковых условиях. Оба вида обладают хорошо развитыми зрительной, сейсмодатчиком, обонятельной, тригеминальной сенсорными системами, а также вкусовой системой, которая имеет рецепторы как в наружных покровах так и в ротовой полости. Это позволяет им хорошо ориентироваться как в светлое время года, так и в период полярной ночи. В условиях низкой освещенности особенно важную роль приобретают различные формы химической рецепции. Дистантная хеморецепция, которую обеспечивает обонятельная система, хорошо развита у обоих видов. Однако, согласно экологическому коэффициенту Тейхмана и другим морфологическим критериям уровня развития обонятельной системы, треска относится к группе медиосматов, а навага – к группе микросматов.

В поведенческих экспериментах на этих видах было замечено, что они используют для тестирования поверхности дна нижнечелюстной усик и брюшные плавники. Парные брюшные плавники у тресковых рыб приближены к голове и нижнечелюстному усика. Каждый плавник имеет десять лучей, из которых два первых выделяются морфологически. Они в полтора — два раза длиннее остальных лучей и образуют длинные усикоподобные выросты, покрытые светлым не пигментированным эпидермисом. Таким же эпидермисом покрыты и вершины остальных восьми лучей. Исследование поверхности лучей брюшного плавника трески и наваги с помощью электронного сканирующего микроскопа показало, что эпидермис их богат разнообразными сенсорными элементами. Многочисленны здесь сенсорные клетки тактильного типа, несущие одно-размерные микровиллы, а также вкусовые почки, которые можно разделить на две группы – поднятые и погруженные. Кроме того, в эпидермисе первых двух лучей многочисленны вершины одиночных хемосенсорных клеток. Плотность распределения хемосенсорных структур в эпителии плавниковых лучей одинакова у трески и наваги. Таким образом, длинные два луча брюшного плавника у трески и наваги являются хорошо развитым полисенсорным органом, который воспринимает, тактильные и различного рода химические стимулы и может играть важную роль в сенсорном обеспечении завершающих фаз пищевого поискового поведения этих рыб. Нижнечелюстной усик у тресковых рыб выполняет хемосенсорные функции и преимущественно вкусовое тестирование. Он несет многочисленные (120–150 шт/мм<sup>2</sup>) вкусовые почки и одиночные хемосенсорные клетки. Треска отличается от наваги большей относительной длиной челюстного усика и большей численностью на нем вкусовых почек.

Электронномикроскопическое изучение слизистой выстилки губ и ротовой полости показало, что вкусовой аппарат в ротовой полости трески и наваги представляет собой хорошо развитую систему вкусовых рецепторов, распределение которых у обоих видов носит выраженный зональный характер. Каждая вкусовая зона объединяет морфологически однородное скопление вкусовых почек с определенной плотностью их распределения, имеет определенную анатомическую локализацию и специфическую морфологию эпителиальной поверхности. Морфология восьми сенсорных зон ротовой полости и особенности распределения вкусовых рецепторов по зонам сходны у данных видов. Значительные межвидовые различия вкусового аппарата ротовой полости трески и на-

ваги связаны с размерами сенсорного поля вкусовых почек (рис., А), которые у трески ( $60\text{--}120\text{ мкм}^2$ ) в несколько раз больше, чем у наваги ( $20\text{--}80\text{ мкм}^2$ ). Вместе с тем навага не уступает треске и по численности вкусовых почек в одноименных вкусовых зонах (рис., Б). Оба вида имеют особенно высокую численность вкусовых почек в сенсорных зонах на входе в ротовую полость и на выходе из нее (рис., А). Особенности морфологии вкусовых почек сходны в одноименных зонах трески и наваги. Для ротовой полости обоих видов характерно обилие вкусовых почек, сенсорное поле которых отличается преобладающим количеством длинных и тонких микровиллярных отростков. Подобные вкусовые почки очень редко встречаются у других видов рыб. У обоих видов выявлены различия ротового и наружного эпителия губ по плотности распределения вкусовых почек. Оба вида обладают хорошо развитым небным органом. Однако морфометрические показатели наружных вкусовых зон и вкусовых зон ротовой полости указывают на более высокий уровень развития вкусового аппарата у трески, чем у наваги.

Сравнительный анализ морфологических критериев степени развития обонятельной и вкусовой систем позволяют заключить, что треска отличается от наваги большими возможностями для хемосенсорной ориентации.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 09-04-00729.

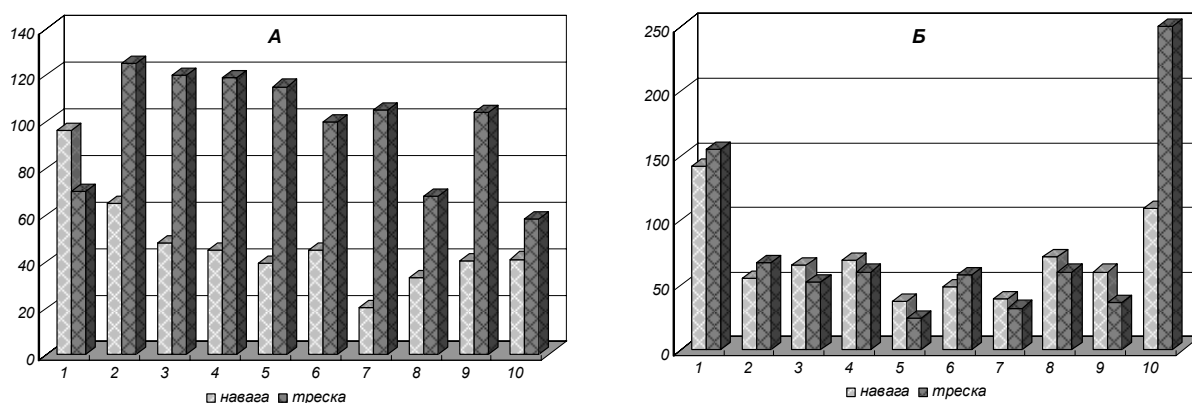


Рис. Морфометрические параметры вкусовых зон трески и наваги.

А. По оси ординат – площадь ( $\text{мкм}^2$ ) сенсорного поля вкусовых почек.

Б. По оси ординат – плотность распределения вкусовых почек ( $\text{шт}/\text{мм}^2$ ).

По осям абсцисс – вкусовые зоны: 1 – наружный отдел верхней губы, 2 – ротовой отдел верхней губы, 3 – премаксиллярная, 4 – максиллярная, 5 – твердое небо, 6 – мягкое небо, 7 – язык, 8 – дентальная, 9 – ротовой отдел нижней губы, 10 – наружный отдел нижней губы.

Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 42–43.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗООБЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ ЛИТОРАЛИ ГУБ ЧУПА И КОЛВИЦА КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

**А.В. Деревщиков, П.П. Кравец**

Мурманский государственный технический университет, e-mail: exarlekin@yandex.ru; ppkravec@mail.ru

Так как бентос является одним из объектов биологического мониторинга, его изучение всегда являлось одним из основных направлений в комплексе научных исследований. Бентосные сообщества стабильны во времени и способны отражать изменения экосистемы. Они характеризуют качество среды с учетом всех форм антропогенного воздействия и абиотических факторов, выступают как индикаторы изменения среды.

Цель работы – изучить структуру поселения зообентосных сообществ литорали бухт Левая и Сельдяная губы Чупа и губы Колвица.

Отбор проб производили во время отлива, применяли метод пробных площадей с использованием учетной рамки размером 10×10 см. С каждого горизонта литорали отбирали по 3 пробы в куту, середине и устье.

Далее производилась камеральная обработка.

В результате исследования был выявлен следующий видовой состав зообентосных сообществ:

Бухта Сельдяная.

Polychaeta: *Nereis pelagica*, *Capitella capitata*, *Castalia punctata*, *Arenicola marina*, *Lumbriconereis* sp.; Bivalvia: *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, *Macoma balthica*; Gastropoda: *Littorina obtusata*, *Hydrobia ulvae*; Hydrozoa: *Dynamena pumila*; Crustacea: *Jaera albifrons*; Enopla: *Ampiporus lactifloreus*; Priapulida.

Бухта Левая.

Polychaeta: *Nereis pelagica*, *Capitella capitata*, *Neiromira punctata*, *Euchone analis*, *Arenicola marina*; Bivalvia: *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, *Macoma balthica*; Gastropoda: *Littorina* sp., *Testudinalia tessellata*, *Hydrobia ulvae*; Hydrozoa: *Dynamena pumila*; Crustacea: *Balanus balanoides*; Enopla: *Ampiporus lactifloreus*; Eurystomata: *Flustrellidra hispida*; Asteroidea: *Asterias rubens*.

Губа Колвица.

Polychaeta: *Nereis pelagica*, *Capitella capitata*, *Arenicola marina*  
*Nematoda* sp.; Bivalvia: *Macoma balthica*, *Mytilus edulis*; Crustacea: *Gammarus duebeni*, *Amphithoe rubricata*, *Crangon crangon*, *Balanus balanus*, *Jaera albifrons*; Gastropoda: *Littorina saxatilis*, *Hydrobia ulvae*.

В ходе исследования были выявлены закономерности распределения организмов на литорали губ Чупа и Колвица. В бухте Сельдяной количество организмов на метр квадратный увеличивается от кута к устью на каждом горизонте литорали. Максимальная плотность была отмечена на нижнем горизонте устья бухты, и составляла 2670 экз. на м<sup>2</sup>. На среднем и верхнем горизонтах бухты наибольшая биомасса отмечена в куту, где максимальный показатель составлял 119 г на м<sup>2</sup>. Наименьшие показатели определены в средней части бухты и составляют 13 г на м<sup>2</sup>. На нижнем горизонте ситуация обратная.

В бухте Лево́й наибольшая плотность организмов отмечено в куту 2523 экз./м<sup>2</sup>. Показатели биомассы в бухте Левая неоднородны. Наименьшая биомасса наблюдается на верхнем горизонте, и минимальное значение составляет 0.03 г на м<sup>2</sup>. Наибольший показатель биомассы в бухте отмечен на среднем горизонте средней части и составляет 249 г на м<sup>2</sup>.

В губе Колвица нет четкого распределения численности организмов на литорали. В куту, от верхнего горизонта к нижнему, наблюдается увеличение плотности, и достигает 1227 экз. на м<sup>2</sup>, что является максимальным показателем для всей губы. Минимальное значение – 80 экз. на м<sup>2</sup> обнаружено в средней части губы на среднем горизонте. Прослеживается увеличение биомассы от верхнего горизонта к нижнему в куту и середине губы. Максимальная биомасса 151 г на м<sup>2</sup> характерна для нижнего горизонта кутовой части.

По итогам исследования можно сказать, что литораль бухты Левая обладает наибольшим видовым разнообразием по сравнению с другими районами исследования, однако в бухте Сельдяной отмечена самая высокая плотность и биомасса зообентосных сообществ.

## ПАЗАРИТОФАУНА ГОЛЬЯНА *PHOXINUS PHOXINUS* (LINNAEUS) ИЗ БАССЕЙНОВ ГЛАВНЫХ РЕК СЕВЕРО-ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Г.Н. Доровских, В.Г. Степанов

Сыктывкарский государственный университет, e-mail: dorovsk@syktsu.ru

Большинство водотоков северо-востока европейской части России входят в состав бассейнов рек С. Двина, Мезень и Печора. Одним из самых распространенных представителей ихтиофауны этих водоемов является гольян обыкновенный (*Phoxinus phoxinus*). Его паразитофауна в бассейнах рр. С. Двина, Мезень и Печора исследована достаточно хорошо (Сциборская, 1947; Екимова, 1971; Доровских, 1997а, 1997б, 1997в, 1999, 2000а, 2000б, 2002; Голикова, 2005; Доровских и др., 2009; Степанов, 2007).

Выше перечисленными авторами методом полного паразитологического вскрытия исследовано около 1900 экз. гольяна из бассейна р. Печора, более 1700 его особей из бассейна С. Двина и 54 гольяна из бассейна р. Мезень.

У гольяна из бассейнов обследованных рек выявлены паразиты из 11 систематических групп (*Coccidiomorpha* – 1, *Myxosporidia* – 12, *Peritricha* – 5, *Monogenea* – 11, *Cestoda* – 4, *Trematoda* – 21, *Nematoda* – 6, *Acanthocephala* – 2, *Hirudinea* – 1, *Bivalvia* – 1, *Crustacea* – 3) (Доровских и др., 2009).

Специфичными паразитами для рыб р. *Phoxinus* являются 14 видов: *Muxobolus cybinae*, *M. lomi*, *Dactylogyrus borealis*, *D. phoxini*, *Pellucidhaptor merus*, *Gyrodactylus aphyae*, *G. macronychus*, *G. pannonicus*, *G. limneus*, *G. magnificus*, *G. minimus*, *G. laevis*, *Diplostomum phoxini*, *Rhabdochona phoxini*; остальные 53 приурочены к широкому кругу хозяев, преимущественно к карповым рыбам.

В бассейнах всех исследованных рек встречены: *Muxidium rhodei*, *Muxobolus lomi*, *Dactylogyrus borealis*, *Pellucidhaptor merus*, *Gyrodactylus aphyae*, *G. magnificus*, *G. laevis*, *Schistocephalus nemachili*, *Diplostomum phoxini*, *Rhipidocotyle campanula*, *Ichthyocotylurus variegatus*, *Rhabdochona phoxini*, *Raphidascaris acus*, *Neoechinorhynchus rutili*.

Общими видами для С. Двины и Печоры являются *Muxobolus muelleri*, *M. bramae*, *M. musculi*, *M. cybinae*, *M. albovae*, *Thelohanellus pyriformis*, *Trichodina domerguei domerguei*, *Apiosoma piscicolum* ssp. *perci*, *Gyrodactylus macronychus*, *G. pannonicus*, *G. limneus*, *Paradiplozoon zeller*, *Phyllodistomum folium*, *Allocreadium isoporum*, *A. transversale*, *Sphaerostomum bramae*, *Ichthyocotylurus platycephalus*, *Rhabdochona denudate*, *Unionidae* gen. sp. larva; для Мезени и Печоры – *Cystidicoloides ephemeridarum*, *Argulus coregoni*; для С. Двины и Мезени общих видов не отмечено.

Имеется довольно значительное число видов паразитов, встречающихся у гольяна только в одном из обследованных бассейнов. Таких видов в Северо-Двинском бассейне найдено 8 (*Eimeria carpelli*, *Trichodina intermedia*, *T. nemachili*, *Gyrodactylus minimus*, *Sphaerostomum globiporum*, *Diplostomum pungiti*, *D. helveticum*, *Ergasilus* gen.sp. larva), в Мезенском – 6 (*Muxobolus ellipsoides*, *Caryophyllaeides fennica*, *Triaenophorus nodulosus*, *Allocreadium baueri*, *Ichthyocotylurus erraticus*, *Paracoenogonimus ovatus*), в Печорском – 19 (*Apiosoma phoxini*, *Muxidium macrocapsulare*, *Muxobolus pseudodispar*, *Thelohanellus oculileucisci*, *Dactylogyrus phoxini*, *Diphyllobothrium latum*, *Phyllodistomum elongatum*, *Diplostomum mergi*, *D. spathaceum*, *D. volvens*, *D. commutatum*, *Tylodelphy clavata*, *Apatemon cobitidis* *Capillaria tomentosa*, *Philometra abdominalis*, *Acanthocephalus lucii*, *Piscicola geometra*, *Ergasilus sieboldi*, *E. briani*).

Таким образом, у голяна в бассейнах главных северо-востока европейской части России зарегистрировано 67 видов паразитов (в бассейне р. С. Двины – 41 вид, Мезени – 22, Печоры – 54 вида).

### Список литературы

- Голикова Е.А. Экология паразитов голяна обыкновенного и их сообществ в условиях малых рек бассейна Вычегды. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Сыктывкар, 2005. 292 с.
- Доровских Г.Н. Итоги изучения видового состава паразитов рыб бассейнов рек северо-востока Европейской России. Простейшие // Паразитология. 1997а. Т. 31. Вып. 4. С. 295–306.
- Доровских Г.Н. Итоги изучения видового состава паразитов рыб бассейнов рек северо-востока Европейской России. Моногенеи // Паразитология. 1997б. Т. 31. Вып. 5. С. 427–438.
- Доровских Г.Н. Итоги изучения видового состава паразитов рыб бассейнов рек северо-востока Европейской России. Трематоды // Паразитология. 1997в. Т. 31. Вып. 6. С. 551–564.
- Доровских Г.Н. Итоги изучения видового состава паразитов рыб бассейнов рек северо-востока Европейской России. Нематоды и скребни. // Паразитология. 1999. Т. 33. Вып. 5. С. 446–452.
- Доровских Г.Н. Итоги изучения видового состава паразитов рыб бассейнов рек северо-востока Европейской России. Пиявки (*Hirudinea*), Моллюски (*Mollusca*), Раки (*Crustacea*), Паукообразные (*Arachnida*) // Паразитология. 2000а. Т. 34. Вып. 2. С. 158–163.
- Доровских Г.Н. Итоги изучения видового состава паразитов рыб бассейнов рек северо-востока Европейской России. Цестоды (*Cestoda*) // Паразитология. 2000б. Т. 34. Вып. 5. С. 441–446.
- Доровских Г.Н. Паразиты пресноводных рыб северо-востока Европейской части России. (Фауна, экология паразитарных сообществ, зоогеография): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб. 2002б. 69 с.
- Доровских Г.Н., Степанов В.Г., Шергина Н.Н. Паразитофауна и микобиота голяна *Phoxinus phoxinus* (L.) из водоемов северо-востока европейской части России: Монография. – Сыктывкар: Изд-во Сыктывкарского ун-та, 2009. 114 с.
- Екимова И.В. Паразитофауна рыб реки Печоры: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1971. 21 с.
- Степанов В.Г. Экология паразитов голяна голяна *Phoxinus phoxinus* (L.) и хариуса *Thymallus thymallus* (L.) и их компонентные сообщества в бассейнах рек северо-востока европейской части России: Автореф. дисс. канд. биол. наук. – Борок. 2007а. 26 с.
- Сциборская Т.В. Паразитофауна некоторых рыб реки Печоры // Рыбы бассейна Верхней Печоры. М.: Изд-во Моск. об-ва испыт. природы, 1947. С. 209–216.

Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 46–48.

## БЕЛОМОРСКИЕ ФОРЕЛИ В СИСТЕМЕ ПОЛИМОРФНОГО ВИДА *SALMO TRUTTA LINNAEUS*

**Е.А. Дорофеева**

Зоологический институт РАН, С.-Петербург, e-mail: salmo@zin.ru

*Salmo trutta* – широко распространенный вид, ареал которого охватывает огромную территорию от бассейна Белого моря на севере до бассейна Аральского моря на юге и берегов Атлантического океана на западе, включая берега Северной Африки. В целом вид изучен сравнительно хорошо. В настоящее время в водах бывшего Советского Союза вслед за Л.С. Бергом (1948) рассматриваются 5 подвидов кумжи (*S. trutta trutta* – Балтийское и Белое моря, *S. t. labrax* – Черное море, *S. t. caspius* – Каспийское море, *S. t. oxianus* и *S. t. aralensis* – Аральское море), кроме того, был позднее описан еще один подвид *S. t. ciscaucasicus* (Дорофеева, 1967) из рек Северного Кавказа. Таким образом, в бассейне Каспийского моря обитает 2 подвида – в бассейне р. Куры *S. t. caspius*, а остальные водоемы населяет *S. t. ciscaucasicus*. Описание почти всех подвидов сделано на проходных рыбах, а огромный мир пресноводных форм изучен фрагментарно, и они рассматриваются только как морфы проходной кумжи, причем многие таксономические признаки у форелей выражены слабо и изменчивы. В то же время известно, что форели неоднородны и обладают многими чертами, отличающими их от проходных форм, а при изоляции они сравнительно быстро эволюционируют, достигая подвидового или даже видового уровня. Об этом свидетельствуют описанные пресноводные подвиды из бассейна Аральского моря и многочисленные озерные и речные виды из бассейна Средиземного моря. Разнообразие условий обитания обусловило большое число географических и экологических форм (проходные, озерные, речные, ручьевые), которыми этот вид представлен на территории своего ареала. Исследователи при определении речных форелей практически ориентируются на изменчивую окраску и географическое положение водоема. Учитывая, что многие популяции форелей потеряли связь с проходной формой, диагностика их крайне проблематична. В последние годы некоторые зарубежные авторы рассматривают форелей из бассейнов южных континентальных морей в качестве подвидов проходной формы (Kattelat, 1997; Eschmeyer, 1998), которой придается видовой статус. Например, *Salmo trutta fario* или *S. labrax fario*, что малоубедительно, поскольку известны экспериментальные данные (Барац, 1952; Панов, 1958), подтверждающие возможность перехода проходной формы кумжи в пресноводную (форель), т. е. единство стад.

На основании морфологических исследований (краниологические параметры и форма костей) было сделано заключение о больших различиях между формами *Salmo trutta*, обитающими в бассейнах южных и северных морей, т. е. в бассейнах Аральского, Каспийского и Черного морей, с одной стороны, и Балтийского и Белого, с другой (Salmanov, Dogofeyeva, 2001). Полученные данные согласуются с результатами анализа аллозимов и мт-ДНК (Осинов, Берначе, 1996; Осинов, 1999, 2004), согласно которым все популяции форелей северных морских бассейнов (Белое, Балтийское, Баренцево моря) и южных (Черное, Каспийское, Аральское моря) представлены двумя разными филогенетическими линиями («атлантической» и «дунайской»). Можно полагать, что различия между «южными» и «северными» форелями связаны с различными условиями формирования бассейнов этих озер в геологическом прошлом (Дорофеева, 1999). Обращает на себя внимание факт, что сравнительно хорошо изученные форели «южной» группы неоднородны и имеют ряд существенных морфологических различий

(Дорофеева, 1999), позволяющие рассматривать их как подвиды или даже виды, в то время как «северные» считались до последнего времени однородными и относились к одному подвиду *Salmo trutta trutta*. Сравнительный анализ остеологических признаков выявил неоднородность между географическими формами «северной» группы форелей. Форели из бассейна Белого моря отличаются от всех остальных. Уровень их отличий сопоставим с различиями между форелями из бассейнов Черного (*S. t. labrax*) и Каспийского (*S. t. ciscaucasicus*) морей, и, таким образом, по остеологическим данным они различаются на уровне подвидов.

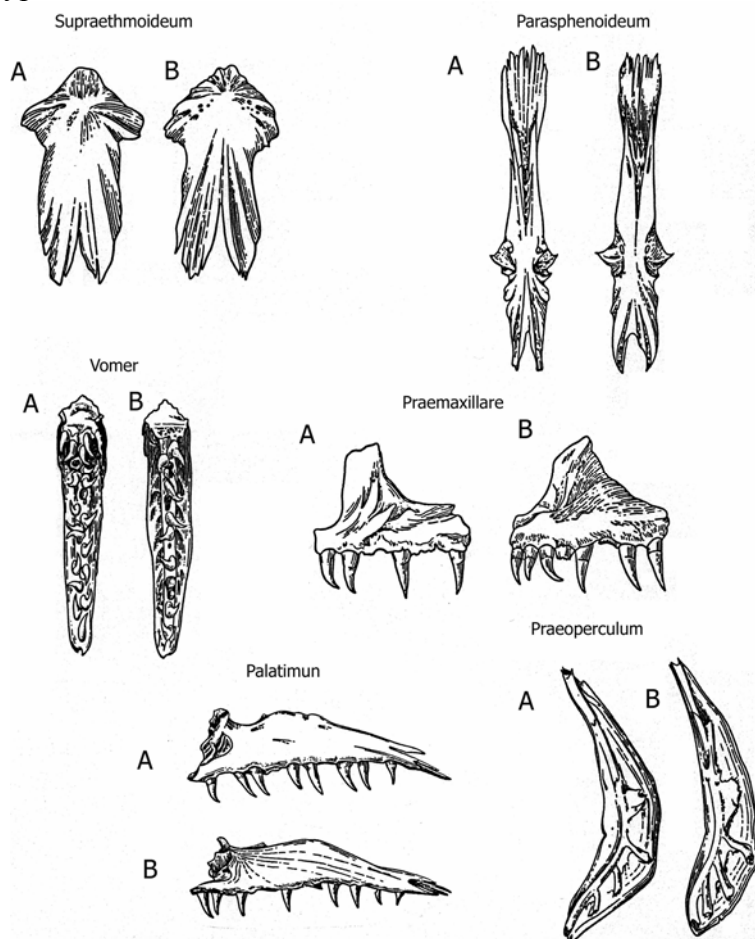


Рис. Остеологические особенности форелей рек бассейна Белого моря (А) и бассейна рек Балтийского моря (В).

Большинство отмеченных различий беломорских форелей от остальных форелей Северо-Запада заключается в форме супраэтноида, парасфеноида, сошника, межчелюстной, небной (palatinum) и предкрышечной костей. Основные отличия беломорских форелей от форелей из бассейна Балтийского моря следующие:

1. Сильно вытянутая вперед вершина головки супраэтноида, его края значительно вогнуты и сглажены. Верхняя поверхность рукоятки также часто сглажена. Боковые края рукоятки слегка расходятся, а затем сходятся.

2. Передняя часть межчелюстной кости сравнительно короткая с небольшим восходящим отростком, который направлен вперед и поднимается вертикально, его вершина заострена. Кaudальная часть кости длинная.

3. Расположение зубов на основании головки сошника (их число 3–5): зубы располагаются вдоль внутренней стороны основания или связаны с возвышением в середине основания головки сошника и выглядят висящими поверх рукоятки. Рукоятка сошника широкая и характеризуется постепенным сужением каудально и очень резким каудальным заострением.

4. Очень широкая и уплощенная этмоидальная часть парасфеноида, которая быстро переходит в гребень, а его передняя часть слегка выпуклая с большой, но неглубокой



выемкой. Боковые отростки короткие, хорошо выражены. Каудальные отростки длинные, узкие.

5. Ширина небной кости с короткой передней частью и плоской вершиной гребня.

6. Резкое сужение предкрышки в нижнем направлении и короткие ветви сейсмочувствительных каналов, которые не достигают края кости, открываются наружу порами, которые, как правило, не продолжают в форме желобков.

Таким образом, в результате рассмотрения остеологических признаков выяснилось, что форели из рек бассейнов Белого и Балтийского морей имеют ряд отличий, и, с нашей точки зрения, эти остеологические различия позволяют судить о беломорских форелях, по крайней мере, как об изолированной группе популяций, остеологически имеющей уровень отличий подвидового ранга. Однако эти различия таковы, что данные, полученные при использовании только остеологического исследования, не могут служить основанием для таксономических выводов. Необходим комплексный подход, включающий весь комплекс современных методов, в том числе и генетических.

### Список литературы

- Барач Г.П. 1952. Значение ручьевого форели в воспроизводстве запасов лосося (кумжи) // Зоол. журн., Т. 32, вып. 6. С. 906–916.
- Берг Л.С. 1948. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. 4-е изд., ч. 1. – М.–Л.: Изд. Акад. наук СССР. С. 466 с.
- Дорофеева Е.А. 1967. Сравнительно-морфологические основы систематики восточно-европейских лососей // Вопр. ихтиол., т. 7, № 1. С. 3–17.
- Дорофеева Е.А. 1998. Систематика и история расселения европейских лососей рода *Salmo* // Вопр. ихтиологии, т. 38, № 4. С. 437–447.
- Дорофеева Е.А. 1999. Лососи и форели Евразии: сравнительная морфология, систематика и филогения. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – СПб: СПбГУ. 55 с.
- Осинов А.Г. 1999. Лососевые рыбы *Salmo*, *Parasalmo* и *Oncorhynchus*: генетическая дивергенция, филогения и классификация // Вопр. ихтиол., т. 39, № 5. С. 595–611.
- Осинов А.Г. 2004. Лососевые рыбы (Salmonidae, Salmoniformes): происхождение, эволюция, филогения, систематика, охрана. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – М. 48 с.
- Осинов А.Г., Бернач Л. 1996. «Атлантическая» и «дунайская» филогенетические группы кумжи *Salmo trutta* complex: генетическая дивергенция, эволюция, охрана // Вопр. ихтиол., т. 36, № 6: 762–786.
- Панов Д.Л. 1958. О единстве стад черноморского лосося и ручьевого форели // Научн. докл. высш. шк., биол. науки. В. 1. С. 46–48.
- Eschmeyer W.N. (Ed). 1998. Catalog of fishes. Spec. Publ., California Acad. Sci. – San Francisco. 3 vols. 2905 p.
- Kottelat M. 1997. Freshwater fishes of western and central Europe // Biologia, section Zool., vol. 52, suppl. 5. 271 p.
- Salmanov A.V., Dorofeyeva Eu.A. 2001. Comparative osteology of river and lake trouts (genus *Salmo*) // New contributions to freshwater fish research; Proceedings of the Zoological Institute. Vol. 287. P. 149–195.

## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЦИКЛА СЕРЫ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

**С.А. Забелина, Н.М. Кокрятская, Т.Я. Воробьева**

Институт экологических проблем Севера УрО РАН, Архангельск, e-mail: svezabelina@rambler.ru

Устьевая область Северной Двины, где сосредоточены крупные населенные пункты, промышленные и сельскохозяйственные предприятия, испытывает мощное антропогенное воздействие. В то же время она находится под влиянием сложных биогеохимических процессов, протекающих при смешении речных и морских вод, поступающих с приливами, являясь глобальным фильтром на пути выноса взвешенного и растворенного вещества в Белое море. Сочетание этих факторов обеспечивает интенсификацию процессов продукции и деструкции органического вещества, как в водной толще, так и в донных осадках (ДО). Одним из основных процессов анаэробной деструкции органического вещества (ОВ), имеющим часто определяющее для экологии водоема значение, является восстановление сульфатов до сероводорода сульфатредуцирующими бактериями (СРБ). Результаты исследований процессов сульфатредукции в донных отложениях рек представлены в литературе единичными публикациями. Это, вероятно, связано с тем, что этот процесс, как правило, не оказывает негативного влияния на функционирование речных экосистем вследствие достаточной аэрации речных вод. Однако, известны случаи, когда сероводородное загрязнение реки было обусловлено развитием в водной толще микробной редукции сульфатов (Иванов, 1995). При этом в пик развития сероводородного режима газообразный  $H_2S$  поступал в атмосферу. С другой стороны, даже при отсутствии явного негативного влияния на водоем в компонентах его экосистемы обнаруживаются продукты трансформации бактериального сероводорода – соединения восстановленной серы. Так, в результате изучения геохимии серы в устье Северной Двины были выявлены закономерности пространственного и вертикального распределения этих соединений в ДО и установлено их присутствие в кислородных водах реки (Кокрятская и др., 2010).

В летний период 2008–2009 гг. в рамках комплексного изучения биогеохимического цикла серы в воде и ДО устьевой области реки Северной Двины выполнены исследования численности и пространственного распределения сульфатредуцирующих бактерий как характеристики процесса сульфатредукции. Численность СРБ в воде и донных осадках определяли методом предельных разведений на среде Постгейта с лактатом (Postgate, 1984). В результате исследований установлено, что содержание СРБ в донных отложениях варьировало в широких пределах – от  $10$  до  $10^6$  кл/см<sup>3</sup>. Минимальные значения численности ( $10$ – $10^2$  кл/см<sup>3</sup>) отмечены на удалении  $10$  км от выпуска биологически очищенных стоков Архангельского ЦБК, оказывающего наиболее сильное влияние на химический состав устьевых вод. Эти значения были приняты нами как условно фоновые. Вблизи выпусков стоков Архангельского и Соломбальского ЦБК выявлены локальные зоны активизации процесса бактериальной сульфатредукции, проявляющихся в увеличении численности СРБ, достигающей здесь максимальной из определенных величин –  $10^4$ – $10^6$  кл/см<sup>3</sup>. Здесь же выявлены наиболее высокие значения содержания соединений восстановленной серы – продуктов трансформации сероводорода, как поступающего в составе стоков этих предприятий, так и образовавшегося *in situ* в результате бактериальной редукции сульфатов (Кокрятская, 2010). Столь же высокими концентрациями СРБ ( $10^3$ – $10^6$  кл/см<sup>3</sup>) характеризуются осадки, отобранные в зоне смешения речных и морских вод, где в области маргинального фильтра происходит

осаждение и аккумуляция в осадках ОВ речных вод, в том числе и загрязняющих веществ, а также более реакционноспособного автохтонного ОВ. Причем количество СРБ на порядок увеличивалось при переходе от поверхностных горизонтов в толщу отложений. Об интенсивном течении процесса сульфатредукции в этих осадках свидетельствует и черный цвет осадков, свидетельствующий об обогащении их гидротроилитом – первым продуктом взаимодействия сероводорода и реакционноспособного  $Fe^{2+}$ . Жизнеспособные клетки СРБ в количестве  $10 \text{ кл/см}^3$  выделены также в наддонной воде, отобранной на станциях, расположенных в основном русле реки и в ее авандельте.

Таким образом, высокое содержание СРБ в зоне влияния предприятий ЦБП и на участках смешения речных и морских вод свидетельствует об их высокой активности на локальных участках устья Северной Двины. Однако в период исследования экосистема реки обладала достаточным резервом самоочищения, чему способствовал благоприятный кислородный режим, а также высокое содержание несльфидного реакционноспособного железа в донных осадках (Кокрятская, 2010). Однако, наличие легкоокисляемого органического вещества и сульфатов, независимо от источника их поступления в водную среду, в сочетании с затрудненной аэрацией вод в подледный период, может привести к снижению емкости экосистемы по отношению к образующемуся в результате сульфатредукции сероводороду, вплоть до накопления его в водной среде и гибели гидробионтов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта администрации Архангельской области № 1-12; Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 61.

#### Список литературы

- Иванов М.В. Микробиологические процессы образования сероводорода в реке Преголи (г. Калининград) / М.В. Иванов, Н.В. Пименов, А.С. Савичев, А.Ю. Опекунов, М.Е. Барт // Микробиология, 1995. 64. № 1. С. 112–118.
- Н.М. Кокрятская, С.В. Забелина, К.В. Титова, О.Н. Воронцова Биогеохимические процессы цикла серы в эстуарии Северной Двины. 2010, Настоящий сборник.
- Postgate J.R. The sulphate reducing bacteria. Cambridge University Press, 1984. 208 p.

## НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО УЛЬТРАСТРУКТУРЕ ПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ БЕСКИШЕЧНОЙ ТУРБЕЛЛЯРИИ *ARCHAPHANOSTOMA AGILE* БЕЛОГО МОРЯ

Я.И. Заботин, А.И. Голубев

Казанский государственный университет, Yaroslav\_Zabotin@rambler.ru

Бескишечные турбеллярии (Ascoela) являются очень важной с эволюционной точки зрения группой беспозвоночных с неустановленным до конца систематическим положением. В литературе до сих пор распространены различные взгляды на их происхождение (Иванов, 1973; Ливанов, 1955). Выяснение филогенетических отношений внутри Асоела и их связей с остальными животными сильно затруднено в связи со своеобразием их организации и неполнотой морфологических данных. На сегодняшний день одним из наиболее надежных критериев при изучении филогении Асоела является строение их репродуктивной системы, отличающейся большим разнообразием. К сожалению, ее ультраструктурные особенности известны еще не для всех видов.

В данной работе приводятся новые электронно-микроскопические данные по строению сперматозоидов и яйцеклеток бескишечной турбеллярии *Archaphanostoma agile* (Jensen, 1878) из семейства Isodiametridae Hooge et Tyler, 2005. Этот вид распространен в Северной Атлантике, в наших северных морях (Баренцевом и Белом) и в Средиземном море.

Половая система *A. agile* состоит из парных вентральных яичников с передней зачатковой зоной и парных дорсальных семенников, расположенных в передней части тела. Женские совокупительные органы представлены паренхимной бурсой (без эпителиальной выстилки и наконечника), а мужские – выворачивающимся копулятивным органом – циррусом. Женское половое отверстие отсутствует, поэтому осеменение происходит путем разрыва стенки тела при помощи цирруса (Dorjes, 1968).

Представители вида *A. agile* были собраны на литорали о-ва Виченная Луда (Керетский архипелаг, губа Чупа, Белое море), зафиксированы целиком в 1% глютаровом альдегиде на 0.1 М фосфатном буфере и подготовлены для электронной микроскопии по стандартной схеме.

Созревающие яйцеклетки *A. agile* достигают 30 мкм в диаметре, имеют круглую или овальную форму. Ядро обычно располагается в центре клетки и достигает 12 мкм в диаметре. По всей ооплазме беспорядочно разбросаны включения двух типов. Первый тип – желточные гранулы – довольно крупные (диаметром 1–5 мкм), округлые электронноплотные образования. Второй тип – мелкие (диаметром 0.5–1 мкм) мембранограниченные гранулы, с меньшей электронной плотностью, но часто с электронноплотными включениями. Они встречаются значительно реже, чем желточные гранулы и, в основном, на периферии ооцита, ближе к оолемме.

Каждый ооцит окружен добавочными клетками, вероятно выполняющими трофическую или защитную функцию. Их отростки, причудливо переплетаясь, заходят в инвагинации оолеммы на глубину до 5–6 мкм. Ядро добавочной клетки обычно вытянуто в длину (до 6 мкм) и богато пристеночными скоплениями хроматина.

Замечено, что по мере созревания яйцеклеток добавочные клетки начинают деградировать и разрушаться. Активное участие в их последующей утилизации, вероятно, принимают клетки пищеварительной паренхимы. В пользу этого говорят многочисленные следы фагоцитоза в их цитоплазме.

Сперматозоид *A. agile* имеет нитевидную форму, вдоль всей его длины проходят аксонемы двух жгутиков, инкорпорированные в цитоплазму. Он состоит из трех отделов – «головки» (1.5 мкм в ширину) с длинным вытянутым ядром, «шейки» с митохондриями и другими органеллами и «хвостика», в котором остаются аксонемы двух жгутиков и пара электронно-прозрачных продольных тяжей. Наружная поверхность спермия покрыта орнаментацией в виде мелких бугорков. Микротрубочки занимают кортикальное положение (т. е. лежат на периферии сперматиды). Особенно необычной деталью является наличие у этого вида двух вариантов строения аксонемы жгутика. Кроме типичных аксонем (9+2), описанных у этого вида О.И. Райковой (1989), нами были обнаружены и aberrантные (9+4), что свидетельствует о большом разнообразии признаков на ультраструктурном уровне и о большой клеточной пластичности Acoela.

Долгое время этот вид включался в состав семейства Convolutidae Graff, 1905. Со временем по мере накопления фактов стало очевидно, что это семейство является гетерогенным и нуждается в ревизии. В последние годы система этого семейства была существенно пересмотрена на основании морфологических и молекулярных данных, и часть видов (в том числе *A. agile*) вошла в новое семейство Isodiametridae Hooge et Tyler, 2005. Причем, одним из наиболее важных критериев для этого разделения стало именно строение сперматозоидов (Hooge, Tyler, 2005). Наличие орнаментации у спермиев *A. agile* и кортикальное расположение микротрубочек подтверждает правильность отнесения этого вида к семейству Isodiametridae. Тем не менее, следует учесть пример «двойственности» формулы аксонемы у *A. agile* для дальнейших филогенетических построений внутри этого таксона.

#### Список литературы

- Иванов А.В., Мамкаев Ю.В. Ресничные черви (Turbellaria), их происхождение и эволюция. – Л.: Наука, 1973. 221 с.
- Ливанов Н.А. Пути эволюции животного мира (анализ организации главнейших типов многоклеточных животных). – М.: Советская наука, 1955. 400 с.
- Райкова О.И. Сравнительное исследование ультраструктуры бескишечных турбеллярий. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Л., 1989. 23 с.
- Dorjes J. Die Acoela (Turbellaria) der Deutschen Nordseeküste und ein neues System der Ordnung. // Zeitschr. Zool. Syst. Evolutionsforsch., 1968. Vol. 6. P. 56–452.
- Hooge M., Tyler S. New tools for resolving phylogenies: a systematic revision of Convolutidae (Acoelomorpha, Acoela) // Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research, 2005. Vol. 43 (2). P. 100–113.

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОМЫШЕЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ У БЕЛОМОРСКИХ ВИДОВ НЕМЕРТИН

О.В. Зайцева, А.А. Петров, Т.Г. Маркосова, С.А. Петров

Зоологический институт РАН, С.-Петербург, e-mail: ovzaitseva@inbox.ru

Немертины являются типичными и широко распространенными представителями беломорской фауны. Тип этих относительно низко организованных хищных червеобразных животных насчитывает около 1400 преимущественно морских видов. Систематическое положение и филогенетические связи немертин до сих пор остаются неясными, плохо разработана и их внутренняя систематика, особенно на уровне семейств и родов. Сложившаяся ситуация в значительной степени связана с плохой изученностью структурной организации мышечной и нервной систем большинства видов немертин, являющихся источниками важных систематических признаков. До последнего времени подавляющая часть данных по строению немертин была получена с помощью методов только классической гистологии и, в небольшой степени, электронной микроскопии. Нейрогистологические и новейшие иммуоцитохимические методы исследований к немертинам стали применяться только недавно (Зайцева и др., 2007; Зайцева, Маркосова, 2009). Поэтому целью настоящей работы стало комплексное сравнительное изучение мышечной системы и ее иннервации у нескольких беломорских видов немертин, включая представителей отр. Palaeo-, Hetero-, Hoplo- и Bdellemertini с помощью оригинальных модификаций нейрогистологических методов импрегнации азотнокислым серебром по Гольджи–Колонье, электронной микроскопии, современных иммуно- и гистохимических методов и конфокального лазерного сканирующего микроскопа Leica TCS SP5.

В результате работы сделаны объемные реконструкции и детально описаны особенности мускулатуры стенки тела, ринхоцеля, пищеварительного тракта, хобота, кровеносных сосудов, головной лопасти, ротового и анального отверстий, а также центральной нервной системы (ЦНС) *Cephalotrix linearis* (Rathke, 1799), *Linneus ruber* (Müller, 1771) *Malacobdella grossa* (Müller, 1776) и *Tetrastemma candidum* (Müller, 1774). У всех видов немертин выявлены особые мышцы-фиксаторы, закрепляющие стенку ринхоцеля, мозг, пищеварительный тракт и кровеносные сосуды. В кутисе тела гетеронемертины *L. ruber* впервые выявлен дополнительный, тонкий, поверхностный слой диагональных мышечных волокон, показана равномерно распределенная по всей поверхности тела система ветвящихся радиальных мышечных волокон, проникающих в эпителий из более глубоких слоев мускулатуры. Наличие мышечных волокон в покровах *L. ruber* было подтверждено электронномикроскопическими исследованиями. Аналогичные интраэпидермальные волокна были описаны ранее у некоторых других видов из семейства Lineidae (Alvarado, 1956; Turbeville, 1991) и у представителей семейства Carinomidae из палеонемертин (Turbeville, Rupper, 1983). Для головной лопасти исследованных гоппонемертин нами выявлен характерный перекрест диагональных мышечных волокон. У палеонемертины перекрещивающие диагональные мышцы обнаружены только непосредственно у ринходеума, а у гетеронемертины в головной лопасти выявлена равномерная сетчатая структура мышечных волокон без ярко выраженных диагональных элементов. В стенке пищеварительного тракта немертин обнаружена диффузная мышечная сеть, наиболее развитая у бделлонемертины *M. grossa*. Судя по данным электронной микроскопии, эта мышечная сеть образована отростками интраэпителиальных клеток.

Нейрогистологические исследования показали, что в иннервации мускулатуры немертин принимают участие как нервные элементы, приходящие по соответствующим нервам из головных ганглиев, так и периферические мотонейроны, расположенные по ходу мышечных волокон в головной лопасти, стенке тела, ринхоцеля, в хоботе, а также нейроны, расположенные в боковых нервных стволах или в непосредственной близости к ним. С помощью гистохимических методов выявлена нитроксид- и холинергическая природа многих нервных элементов, осуществляющих иннервацию мускулатуры стенки тела и головной лопасти немертин. Высокая холинтрансферазная и NADPHd активности обнаружены в нервном сплетении, локализованном в области мышечного сплетения пищеварительного тракта у представителей Hetero- и Hoplonemertini. У *M. grossa* наиболее интенсивная NADPHd активность выявлена в нервных элементах, иннервирующих дорсо-вентральные диагональные мышцы и мышцы присоски. Принимающие участие в иннервации мускулатуры немертин нейротензин- и FMRFамид-иммунореактивные нейроны сосредоточены в их ЦНС. FMRFамид-иммунореактивная иннервация хобота и стенки ринхоцеля осуществляется преимущественно нейронами головных ганглиев, а стенки тела – нейронами боковых нервных стволов. Однако, у представителей Hetero- и Palaeonemertini иннервирующие мышцы стенки тела FMRFамид- и нейротензин-иммунореактивные нейроны располагаются не только в боковых нервных стволах, но и непосредственно в мышцах на разном удалении от нервных стволов. Обнаруженные особенности отражают, очевидно, процесс постепенного поклеточного погружения пептидергических нейронов вглубь тела немертин, заканчивающегося включением этих клеток в состав ЦНС.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №10-04-01033).

#### Список литературы

- Зайцева О.В., Маркосова Т.Г., Смирнов Р.В. Моноамин- и пептид-содержащие элементы в стенке тела и нервных стволах у немертин // Биология моря. 2007. Т. 33. № 4. С. 291–298.
- Зайцева О.В., Маркосова Т.Г. Ацетилхолинтрансферазная и NADPH-диафоразная активность в нервной системе и рецепторных органах немертин. // ДАН. 2009. Т. 428. № 5. С. 710–712.
- Alvarado, R. Istologia delle formazioni epidermiche e dermomuscolari del *Cerebratulus marginatus* Ren. // Pubbl. Staz. Zool. Napoli. 1956. V. 28. P. 1–11.
- Turbeville, J. M. Nemertinea // In: F. W. Harrison, B. J. Bogitsch (eds.), Microscopic anatomy of invertebrates. 1991. Wiley-Liss, New York. P. 285–328.
- Turbeville J. M., Ruppert E.E. Epidermal Muscles and peristaltic burrowing in *Carinoma tremaphores* (Nemertini): Correlates of effective burrowing without segmentation // Zoomorphol. 1983. V. 103. P. 103–120.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЦЕПТОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИННЕРВАЦИИ МУСКУЛАТУРЫ У БЕЛОМОРСКИХ АСЦИДИЙ *STYELA RUSTICA* И *MOLGULA CITRINA*

О.В. Зайцева, В.Н. Романов, Т.Г. Маркосова

Зоологический институт РАН, С.-Петербург, e-mail: ovzaitseva@inbox.ru

Асцидии – типичные и многочисленные представители многих биоценозов арктических морей. Наиболее распространенные виды для Белого моря – одиночные формы – *Styela rustica* (Linnaeus, 1767) и *Molgula citrina* (Alder and Hancock, 1848) из отряда Stolidobranchia. Оба вида входят в «обязательный» список обрастателей естественных и искусственных субстратов. Взрослые формы асцидий ведут сидячий образ жизни, что приводит к значительному упрощению их тела, нервной и сенсорных систем, поэтому большая часть исследований, особенно проведенных с помощью современных методов, до сих пор была направлена на изучение подвижных личиночных форм асцидий. У взрослых форм в настоящее время более хорошо изучены нейрональный комплекс, включающий единственный ганглий асцидий, и эндокринная система. Имеющиеся сведения по рецепторным элементам и организации нервных сплетений стенки тела и внутренних органов асцидий крайне ограничены и касаются только нескольких видов (см. обзоры: Пунин, 2001; Bullock, Horridge, 1965; Mackie, Burighel, 2005; Sherwood et al., 2005). Целью настоящей работы стало исследование локализации и морфологических особенностей рецепторных элементов, а также структуры нервных сплетений стенки тела половозрелых особей асцидий на примере *Styela rustica* и *Molgula citrina*. В работе были использованы методы общей гистологии с окраской серийных срезов железным гематоксилином по Гейденгайну и оригинальные модификации методов импрегнации азотнокислым серебром по Гольджи–Колонье.

Не применявшаяся ранее на асцидиях импрегнация серебром по Гольджи–Колонье позволила выявить у *S. rustica* и *M. citrina* значительно больше первичночувствующих рецепторных клеток, чем это было описано ранее у асцидий. Рецепторные клетки с длинными цилиями (около 20 мкм) были обнаружены в значительном количестве у *S. rustica* и *M. citrina* не только в эпителии стенке сифонов, но и в эпидермисе всей поверхности их тела (рис., А). Реснички этих клеток обращены в тунику и не контактируют непосредственно с внешней средой. Можно предположить, что они выполняют механорецепторную функцию, реагируя на различные виды деформации туники, вызванной вибрацией, давлением и т. п. От базальных частей рецепторных клеток отходят тонкие аксоноподобные отростки, которые образуют субэпителиальное сплетение. В нем встречаются редкие нейроны (рис., А). Структура выявленных сплетений свидетельствует в пользу их интегративной функции и возможности обработки сенсорной информации уже на периферии тела животных. Значительное количество рецепторных клеток присутствует в эпителии по всей длине пищеварительного тракта асцидий, включая глотку – жаберный мешок (рис., В, Г). Рецепторные клетки концентрируются в жаберном мешке на обращенных в его просвет вершинах эпителиальных складок и в эпителии желудка. Наибольшим морфологическим разнообразием характеризуются рецепторные клетки желудка у *S. rustica*. Все выявленные у асцидий рецепторные клетки по своему положению интраэпителиальные и имеют достаточно примитивную форму – их тела мало отличаются по форме от окружающих эпителиальных клеток. Они не имеют оформленной ядродержащей части и чувствительного отростка. Только в желудке наблюдаются отдельные более дифференцированные клетки, имеющие булаво-



видно расширенную апикальную часть, характерную для хеморецепторных клеток многих беспозвоночных и позвоночных животных (Зайцева, 2000). Редко удается наблюдать отхождение отростков от базальных частей рецепторных клеток пищеварительного тракта. Возможно, многие из выявленных клеток являются рецепторно-эндокринными. Подобные клетки описаны у ряда видов асцидий (Пунин, 2001). В иннервации мускулатуры стенки тела асцидий принимают участие крупные волокна, достигающие у *S. rustica* 8 мкм в толщину и приходящие в большинстве из ганглия центральной нервной системы, а также отростки мелких мультиполярных нейронов, располагающихся среди мышечных волокон (рис., Б).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-04-01033).

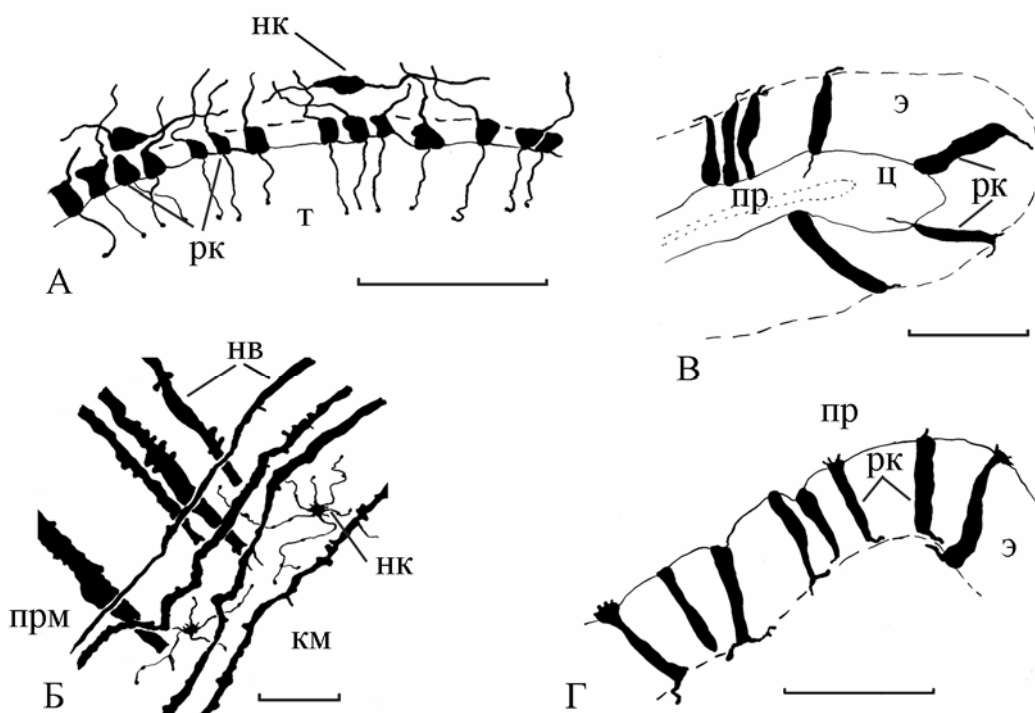


Рис. Рецепторные клетки в эпителии кожных покровах тела (А), жаберного мешка (В) и желудка (Г), а также нервное сплетение в мышечной стенке (Б) *Styela rustica*. Импрегнация по Гольджи–Колонье, зарисовка с препаратов. Масштабный отрезок 50 мкм.

рк – рецепторные и нк – нервные клетки, т – туника, э – эпителий, прм – слой продольных и км – слой кольцевых мышечных волокон, нв – нервные волокна, пр – просвет жаберного мешка или желудка, ц – область цилей мерцательных эпителиальных клеток.

### Список литературы

- Зайцева О.В. Доминантные структурно-функциональные адаптации дистантных хемосенсорных систем в филогенезе моллюсков // Российский физиологический журнал им. И. М.Сеченова, 2000. Т. 86, № 8. С. 995–1006.
- Пунин М.Ю. Кишечная регуляторная система беспозвоночных животных и ее предполагаемая эволюция. 2001. – СПб. 163 с.
- Bullock T.H., Horridge G.A. Structure and function in the nervous system of invertebrates. 1965. – San-Francisco–London. V. 2. 1719 p.
- Mackie G.O., Burighel P. The nervous system in adult tunicates: current research directions // Can. J. Zool. 2005. V. 83. P. 151–183.
- Serwood N.M., Adams B.A., Tello J. A. Endocrinology of protochordates // Can. J. Zool. 2005. V. 83. P. 225–255.

## **СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫСЛОМ ГОРБУШИ В БЕЛОМ МОРЕ**

**А.В. Зубченко, С.В. Прусов, С.С. Крылова**

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии,  
Мурманск, e-mail: zav@pinro.ru

Активная фаза работ по интродукции горбуши в водоемы Севера России охватила достаточно длительный период времени (1956–2000 гг.). На ее заключительном этапе в 1990 г. в последний раз были выпущены личинки нечетной линии, полученные в результате инкубации икры, завезенной с Дальнего Востока в 1989 г. В 1990–2000 гг., за исключением 1992 г. в беломорские реки выпускалась молодь, полученная от производителей, зашедших на нерест в нечетные годы. В 1999 г., с целью восстановления четной линии горбуши, исчезнувшей в начале 1980-х годов, в р. Умба было выпущено 0.164 млн. экз. личинок, полученных в результате инкубации 2.5 млн. шт. икры, завезенной с Дальнего Востока в 1998 г. Таким образом, в последние 10 лет численность вселенца формировалась за счет естественного воспроизводства. В связи с этим оценка современного состояния запасов горбуши и обсуждение мер, предпринимавшихся для регулирования ее промысла, несомненно, важны, прежде всего, для принятия управленческих решений.

Анализ статистики промысла показывает, что в новом столетии промысловые скопления горбуши наблюдались только в нечетные годы и только в Белом море. В четные годы ее уценные уловы составили: в 2000 г. – 11, в 2002 г. – 1.43, в 2004 г. – 1.11, в 2006 г. – 1.31 и в 2008 г. – 0.02 т (рис.). То есть попытка «запустить» воспроизводство четной линии в очередной раз не удалась. Тем самым подтвердился вывод о том, что из-за смещения сроков анадромной миграции и нереста, развитие икры в четные годы происходит в более жестких термических условиях, чем в нечетные годы и это негативно сказывается на выживании икры и эмбрионов (Маркевич и др., 1978; Дягилев, Маркевич, 1979; Агапов, 1986). В этой связи можно предположить, что этими же причинами обусловлена единичная встречаемость вселенца в реках Баренцева моря как в четные, так и в нечетные годы.

Начало относительно массовым подходам горбуши в реки Белого моря в нечетные годы дала генерация 1985 г., так как уже в 1989 г. наблюдался массовый (десятки тысяч) ход горбуши от естественного нереста (в 1987 г. икра не завозилась). Наибольший улов (около 340 т) был получен в 2001 г. (рис.), и, по-видимому, в этом же году была достигнута максимальная предпромысловая численность вселенца.

Поскольку доля уловов Мурманской области в 1993–2009 гг. составляла в среднем около 66%, можно предположить, что примерно  $\frac{2}{3}$  репродуктивного потенциала вселенца приходится на беломорские реки Кольского п-ова.

В этот период средняя уценная численность горбуши, идущей на нерест в беломорские реки Кольского п-ова в нечетные годы, составила около 89 тыс. экз. (48–156 тыс. экз.). По нашим оценкам, всеми видами промысла эксплуатируется примерно половина запаса вселенца, и общий запас горбуши, воспроизводящейся в беломорских реках Кольского п-ова, колебался в 1993–2009 гг. примерно от 100 до 320 тыс. экз., или в пересчете на вес составлял 140–460 т. В целом для Белого моря максимальный запас горбуши достигал 480–500 тыс. экз., или около 700 т.

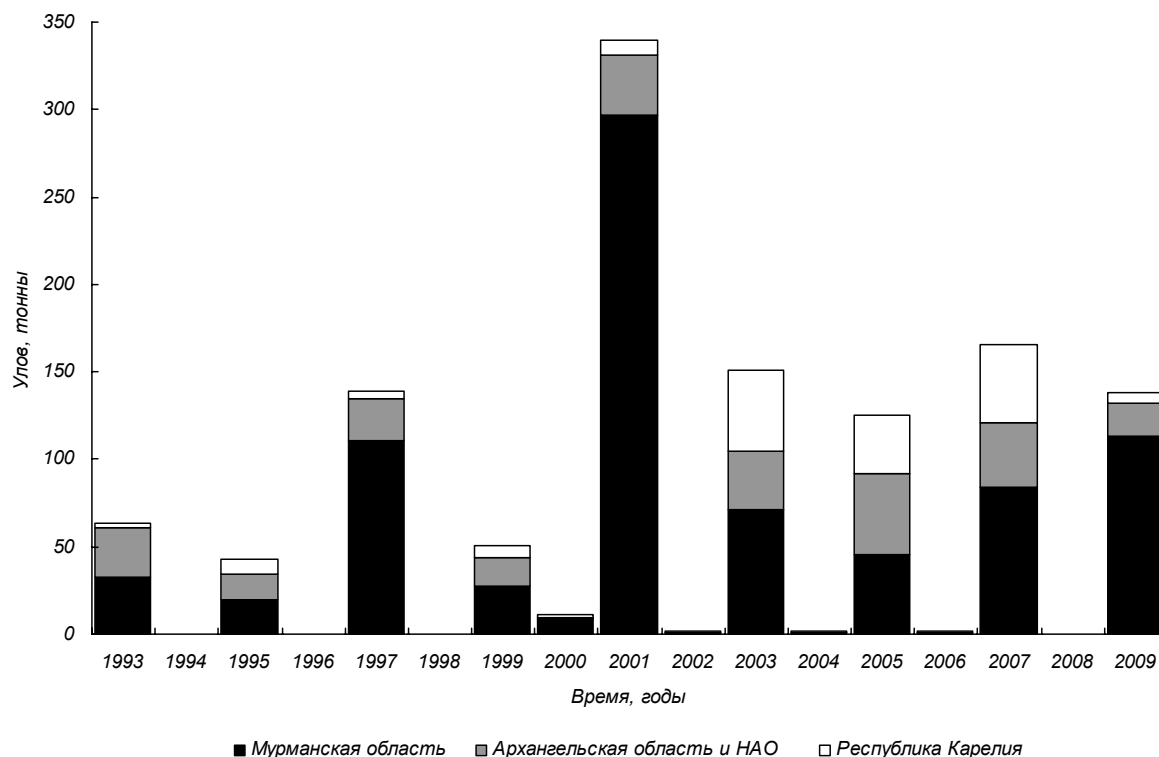


Рис. Уловы горбуши в 1993–2009 гг.

Горбушу добывают в прибрежье Белого моря ставными орудиями лова, в тех же районах, что и атлантического лосося (семгу). Долгое время ее лов не регулировался. Он впервые был ограничен в 2003 г. введением квот вылова в размере 36.4 т для каждого из трех регионов, хотя эта мера не была научно обоснована, и противоречила Вильямсбургской Резолюции Организации по сохранению лосося Северной Атлантики (NASCO Report..., 2003), приняв которую страны входящие в нее, в том числе и РФ, согласились предпринимать меры по максимальному снижению отрицательных генетических и прочих биологических воздействий в результате работ по воспроизводству, включая интродукции и переселения. В 2008 г. горбуша была выведена из списка видов, для которых устанавливается ОДУ и объемы ее вылова по конкретным водным объектам и их частям, места добычи определяются региональными комиссиями по регулированию добычи (вылова) анадромных видов рыб на основании материалов научно-исследовательских организаций Росрыболовства. На данном этапе это оптимальная мера регулирования, позволяющая облавливать горбушу практически по олимпийской системе, т. е. с максимальной выгодой эксплуатировать ее запас.

#### Список литературы

- Агапов В.С. Жизненный цикл горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) акклиматизированной на Европейском Севере СССР // Вопросы ихтиологии. 1986. Т. 26, Вып. 5. С. 779–794.
- Дягилев С.Е., Маркевич Н.Б. Разновременность созревания горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb) четных и нечетных лет как основной фактор определивший различные результаты ее акклиматизации на севере европейской части СССР // Вопросы ихтиологии. 1979. Т. 19. Вып. 2. С. 230–245.
- Маркевич Н.Б., Дягилев С.Е., Агапов В.С. Формирование местных популяций горбуши на европейском севере СССР (южное побережье Кольского полуострова). / Тезисы докл. четырехсторонней международной конференции (СССР, США, Канада, Япония), Южно-Сахалинск, октябрь 1978. – Владивосток, 1978. С. 16–18.
- NASCO Report of the Twentieth Annual Meeting of the Council. – Edinburgh, Scotland, UK, 2–6 June, 2003. CNL(03)51. 2003. 344 p.
- Report of the Working Group on North Atlantic Salmon (WGNAS). 1–10 April 2008, – Galway, Ireland. 2008. ICES CM 2008/ACOM: 18. 235 p.

## ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ В БЕЛОМ МОРЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Т.С. Иванова, Д.Л. Лайус, Е.В. Шатских, М.В. Иванов

С.-Петербургский государственный университет, e-mail: tut2000@gmail.com

Численность трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus* в Белом море претерпевала существенные изменения в течение на протяжении последнего столетия (Шатских и др., наст. сборник). В последние годы отмечается быстрый рост ее численности после резкого спада, начавшегося в 1960-х гг. В то же время, систематические количественные данные практически отсутствуют. Поэтому целью настоящей работы является оценка численности трехиглой колюшки в Кандалакшском заливе с учетом ее пространственной гетерогенности и сезонной динамики, и изменения этой численности в последние годы.

Исследования проводили с 2006 года на базе МБС СПбГУ в районе Керетского архипелага, большинство проб взято в 2008–2009 гг. Отлов рыб производили с конца мая по конец августа равнокрылым мальковым неводом длиной 7 м, высотой 1.5 м, ячеей 3 мм и площадью облова около 150 м<sup>2</sup>. Коэффициент уловистости невода на основании предварительных исследований принимали равным 0.7. Данное орудие лова учитывает рыб в прибрежной полосе шириной около 25–30 м. Из улова отбирали одну или две пробы колюшки объемом по 0.5 литра для дальнейшей обработки.

*Сезонная динамика.* Общая динамика численности трехиглой колюшки в прибрежной зоне в летний период имел следующую картину. Подход производителей к берегам в 2007–2009 гг. начинался в конце мая – начале июня и в течение всего июня в прибрежье происходило увеличение численности рыб обоих полов. Нерестилась колюшка с середины июня до середины июля. Максимальную численность рыб наблюдали в течение второй половины июля. В этот период преобладали самки, составляя 70–80% от общей численности рыб. В конце июня – первой неделе июля происходит снижение численности рыб за счет ухода самок из прибрежной зоны в открытые участки акватории. Самцы, охраняющие гнезда, покидали прибрежье во второй половине июля. Во второй половине июля на станциях отмечено появление первой молодежи. Взрослые особи в августе в прибрежье встречаются единично на некоторых станциях.

*Пространственное распределение* колюшки изучали в конце июня – начале июля на 22 станциях, расположенных в трех основных прибрежных биотопах:

- 1) заросли морской травы – зостеры;
- 2) заросли фукоидов;
- 3) скалистые, лишенные растительности участки.

Отдельно рассматривали прибрежья небольших островов (о. Медянка, о. Кругляш). Наибольшую численность производителей колюшки с гонадами V стадии зрелости наблюдали в двух закрытых губах (Сельдяная и Яковлева) с мощными и обширными зарослями зостеры. В 2008 г численность колюшки составляла: в г. Сельдяная – 18 экз./м<sup>2</sup>, в г. Яковлева – 30 экз./м<sup>2</sup>, в 2009 г. – 90 и 43 экз./м<sup>2</sup> соответственно. В среднем в зарослях зостеры численность колюшки в 2008 году составила около 13±5 экз./м<sup>2</sup>, в 2009 33±9 экз./м<sup>2</sup>. В зарослях фукуса плотность колюшки была много меньше – 7±1 в 2008 г и 6±2 в 2009. На скалистых участках побережья колюшки обнаружено не было. У исследованных малых островов в зарослях фукуса плотность колюшки оказалась меньше чем на материке и крупных островах 1±0.5 в 2008 г. и 0.5±0.2 в 2009 г. Обращает на себя внимание тот факт, что увеличение численности колюшки с 2008 к 2009 г

произошло за счет изменения обилия рыб в зарослях zostеры. В зарослях фукусов численность рыб не изменилась.

Чтобы оценить среднюю численность в целом для изучаемой акватории мы провели картирование прибрежных биотопов на участке берега протяженностью около 40 км. По результатам этой работы заросли zostеры занимают около 15% протяженности побережья, заросли фукусов около 40%, скалы без растительности – 45%. Если усреднить данные по численности колюшки с учетом доли биотопов, то для Карельского берега Кандалакшского залива можно принять, что на квадратный метр прибрежной акватории в 2009 г. приходилось примерно 8 колюшек, что составляет около 170 тыс. экз. или примерно 500 кг колюшки на один км береговой линии.

*Межгодовая динамика.* На протяжении последних 4 лет (2006–2009 гг.) мы отмечали постоянное увеличение численности взрослых особей трехиглой колюшки в период нереста в прибрежной зоне изученной акватории. Учитывая данные по сезонной динамике, для оценки межгодовых изменений мы сравнивали численность во время ее максимума (таблица).

Таблица

Численность трехиглой колюшки (экз./м<sup>2</sup>) в прибрежье во второй половине июня в разные годы

Год	Станция	
	о. Горелый	губа Сельдяная
2006	0.8	нет данных
2007	5.7	11.0
2008	12.3	17.8
2009	17.8	89.8

Эти результаты говорят о более чем двадцатикратном росте численности колюшки в исследуемом районе за последние 4 года.

Таким образом, данные настоящего исследования свидетельствуют о том, что рост популяции трехиглой колюшки Белого моря, начавшийся с конца 1990-х гг. (Шатских и др., наст. сборник) и количественно охарактеризованный нами в 2008 г. (Иванова и Лайус 2008), продолжается. При этом значения численности, отмеченные в 2009 г. – 90 экз./м<sup>2</sup>, приближаются к тем, которые можно рассчитать на основании исторических данных в 1930-х гг. (Чернавин, 1999) – 250 экз./м<sup>2</sup>. Очевидно, столь масштабные изменения массового вида являются проявлением кардинальных изменений всей экосистемы Кандалакшского залива.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 09-04-01357-а.

#### Список литературы

- Иванова Т.С., Лайус Д.Л. Временная и пространственная изменчивость численности трехиглой колюшки в районе Керетского архипелага Кандалакшского залива Белого моря. / Материалы научной конференции, посвященной 70-летию Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова 9–10 августа 2008 года. Сборник статей. – М.: Гриф и К. 2008. С. 267–270.
- Чернавин В. В. Записки «вредителя». / Владимир и Татьяна Чернавины. Записки «вредителя»; Побег из ГУЛАГа. – СПб.: Канон, 1999.
- Шатских Е.В., Лайус Д.Л., Иванова Т.С. Динамика численности трехиглой колюшки в Белом море: исторические данные. / Настоящий сборник.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАККЛИМАТИЗАЦИИ НЕЛЬМЫ (*STENODUS LEUCICHTHYS NELMA*) В РЕКАХ БЕЛОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАРЕЛИИ**

**В.В. Игнатенко<sup>1</sup>, А.А. Махров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Выгский рыболовный завод, Сосновец, e-mail: keretchupa@rambler.ru

<sup>2</sup>Институт проблем экологии и эволюции, Москва, e-mail: makhrov12@mail.ru

Один из самых ценных видов беломорской ихтиофауны – нельма, представитель семейства сиговых. Она «составляет лакомую, вкусную и здоровую пищу», «весит иногда до пуда» (Максимов, 1987, с. 37). Нельма нерестится в крупных реках, а нагуливается в опресненных участках моря или озерах. Молодь питается планктоном, потом бентосом, но уже в 2–3 месяца переходит на хищное питание (Титенков, 1961). Нельма может быть объектом любительского рыболовства (Скопец, 2007).

Нельма широко распространена в бассейне Северного Ледовитого океана – от реки Маккензи в Северной Америке до рек Европейского Севера России (Андрияшев, 1954). Она встречается в Архангельской области (Новиков, 1964) и Республики Коми (Зверева и др., 1955), отмечена в реке Поной на Кольском полуострове (Смирнов, 1935). Известны жилые формы нельмы, в том числе в озере Кубенском Вологодской области (Титенков, 1961).

Еще в XX веке отмечены отдельные поймки нельмы в реках беломорской Карелии. Неполовозрелая нельма добыта 5 февраля 1931 года в устье реки Кеми (Новиков, 1931). Есть данные о заходе отдельных особей нельмы также в реки Выг, Суму и Нюхчу (Костылев, 1990). Два небольших экземпляра пойманы 28 сентября 1948 года в Куз-губе (Николаев, Паленичко, 1949), изредка нельма встречалась также в губе Вирьма, в районе Колежмы и Нюхчи (Николаев, 1951). В настоящее время все европейские популяции нельмы занесены в «Красную книгу Российской Федерации» (2001).

Во второй половине XX века дважды предпринимались попытки акклиматизировать нельму в Карелии, но, к сожалению, в южной части республики, где исходно этот вид отсутствовал. В качестве донорских использовали популяции Кубенского озера и Оби. Личинок нельмы подращивали в обезрыбленных или заморных озерах и в пруду, сеголеток сажали в озера с естественной ихтиофауной. В озере Маткъярви средний вес нельмы на пятом году жизни достиг 2.5 кг (Сонин, 1967; Дмитренко, 1985).

Нам представляется перспективными работы по реакклиматизации нельмы в крупных реках беломорской Карелии. Этот вид обитал здесь ранее, и, следовательно, не представляет опасности для экосистем региона. На ряде рек (Кереть, Кемь, Выг, Сума) имеются рыболовные пункты, которые могут вести учет возвращающихся производителей и проводить сбор оплодотворенной икры для искусственного воспроизводства.

На Выгском рыболовном заводе имеется опыт выращивания проходного беломорского сига. Это позволяет считать, что и биотехника разведения нельмы (Альтов и др., 2006) может быть успешно освоена на этом и других хозяйствах. Отметим, что важно расширять воспроизводство проходного сига, поскольку это не только важный промысловый вид, но и один из важнейших объектов питания нельмы.

В настоящее время нельма, происходящая из Кубенского озера, выращивается на одном из карельских рыболовных хозяйств, ОАО «Кондопога». Это маточное стадо может использоваться как источник посадочного материала при реакклиматизации нельмы в карельской части бассейна Белого моря.

Учитывая, что для нагула нельмы более всего подходят распресненные морские заливы, наиболее перспективным местом для реакклиматизации этой рыбы представляется река Выг, впадающая в Онежский залив. Поскольку нельма может образовывать озерные формы, возможно ее вселение в крупные водохранилища, например, Выгозерское.

Перед началом работ по реакклиматизации необходим тщательный паразитологический, бактериологический и вирусологический анализ посадочного материала. Важно также собрать пробы для организации генетического мониторинга процесса реакклиматизации.

### Список литературы

- Альтов А.В., Воробьева Н.К., Лазарева М.А. Освоение нельмы (*Stenodus leucichthys nelma*, Pall) в аквакультуре – способ сохранения исчезающего вида в экосистеме Севера / Современные экологические проблемы Севера. 10–12 октября 2006 – Апатиты. 2006. С. 11–12.
- Андряшев А.П. Рыбы северных морей СССР. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 566 с.
- Дмитренко Ю.Ю. Акклиматизация нельмы в водоемах Карелии / Результаты и перспективы рыбоводно-акклиматизационных работ в Карелии. – Мурманск. 1985. С. 54–59.
- Зверева О.С., Кучина Е.С., Соловкина Л.Н. Рыбные богатства Коми АССР и пути их освоения. – Сыктывкар: Коми книжн. изд-во. 1955. 106 с.
- Костылев Ю.В. Рыбы. – Петрозаводск: Карелия. 1990. 150 с.
- Красная книга Российской Федерации (животные). – М.: Аст, Астрель. 2001. 862 с.
- Максимов С.В. Год на Севере / Избр. произведения в двух томах. Т. 1. – М.: Худож. лит. 1987. 447 с.
- Николаев А.П. Видовой состав рыб Поморского и Карельского побережий Белого моря // Изв. Карело-Финск. Фил. АН СССР. 1951. № 3. С. 93–99.
- Николаев А.П., Паленичко З.Г. Материалы по биологии нельмы Белого моря // Известия Карело-Финского филиала АН СССР. 1949. № 3. С. 43–46.
- Новиков П. К географическому распространению *Leucichthys Stenodus* (Pallas) // Карело-Мурманский край. 1931. № 3–4. С. 11.
- Новиков П.И. Рыбы водоемов Архангельской области и их промысловое значение. – [Архангельск]: Сев-Зап. кн. изд-во. 1964. 144 с.
- Скопец М. На Дальний Восток с нахлыстом. – М. 2007. 304 с.
- Смирнов А.Г. Исследование биологии и промысла семги в реках восточной части Терского берега и на Мурмане в 1932 и 1933 гг. // Изв. ВНИОРХ. 1935. Т. 20. С. 114–186.
- Сонин В.П. Предварительные итоги акклиматизации нельмы в водоемах Карелии // Труды Карельск. отд-ния ГосНИОРХ. 1967. Т. V. вып. 1. С. 513–516.
- Титенков И.С. Кубенская нельма. – М.: Главгосрыбвод. 1961. 52 с.

## ВЛИЯНИЕ ФРОНТАЛЬНЫХ ЗОН НА ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЗДНЕЛЕТНЕГО ФИТОПЛАНКТОНА БЕЛОГО МОРЯ

Л.В. Ильяш<sup>1</sup>, И.Г. Радченко<sup>1</sup>, В.П. Шевченко<sup>2</sup>, А.Л. Чульцова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет, e-mail: ilyashl@mail.ru

<sup>2</sup>Институт океанологии РАН, Москва, e-mail: vshevch@ocean.ru

<sup>3</sup>Северо-Западное отделение Института океанологии РАН,  
Архангельск, e-mail: nwdioras@atnet.ru

На пространственное распределение фитопланктона определяющее влияние оказывают гидродинамические процессы и, в частности, фронтальные зоны. В Белом море присутствуют фронтальные зоны разного генезиса (Филатов и др., 2007). До настоящего времени анализ пространственного распределения фитопланктона Белого моря в связи с гидродинамическими процессами не проводили. Настоящая работа основана на материалах исследований, проведенных на акватории Белого моря (рис.) с 26 августа по 3 сентября 2007 г. в 53-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» (начальник рейса – академик А.П. Лисицын). На станциях проводили вертикальное зондирование температуры и солености зондом IDRONAUT, определение растворенных минеральных форм фосфора, кремния и нитритного азота, а также оценивали видовой состав, численность и биомассу фитопланктона.

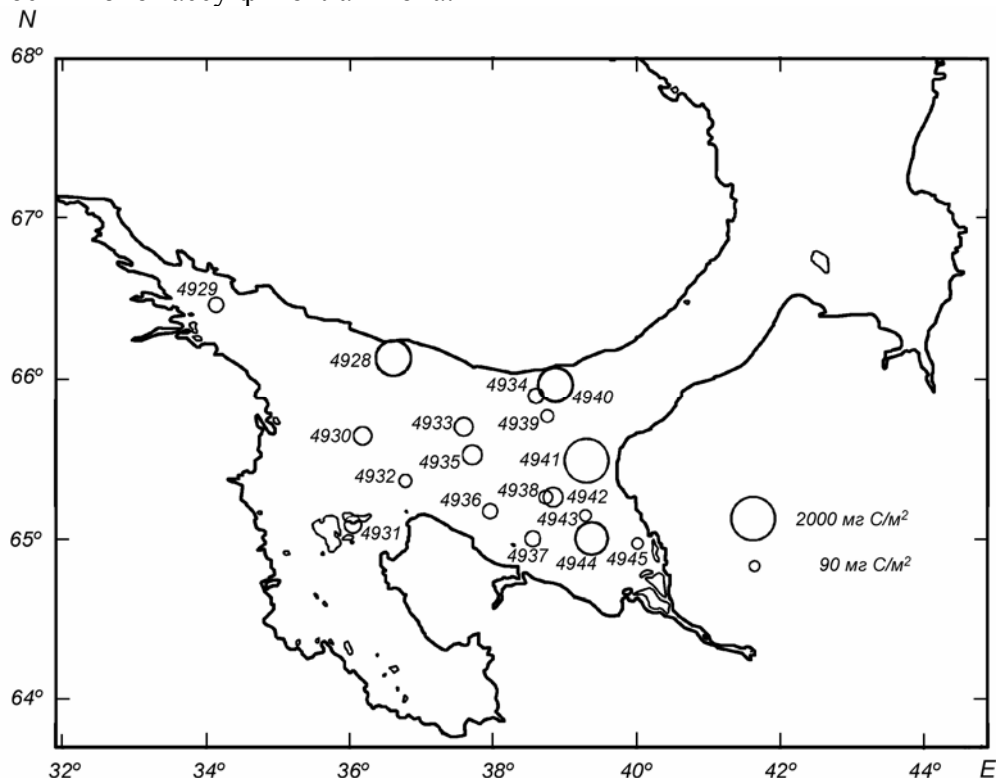


Рис. Станции отбора проб и биомасса фитопланктона.

Содержание биогенных элементов в поверхностных водах на исследованной акватории Белого моря в конце августа – начале сентября 2007 г. в целом было ниже среднеемноголетних значений для лета. В слоях ниже термоклина концентрация биогенных элементов увеличивалась. Биомасса фитопланктона под  $1 \text{ м}^2$  ( $B_i$ ) изменялась в широких пределах – от 87 до 1914  $\text{мг С/м}^2$  ( $596 \pm 535 \text{ мг С/м}^2$ ). Наибольшая величина  $B_i$  отмечена



у выхода из Двинского залива ближе к Зимнему берегу на ст. 4941. Эта станция располагалась у внешней границы стокового фронта, разграничивающего морские воды и воды стокового течения Северной Двины (Филатов и др., 2007). Высокие величины  $B_t$  отмечены также на ст. 4944 в районе соленостного фронта в Двинском заливе и на ст. 4940 у фронтальной зоны раздела вод Горла и Бассейна. Более высокое обилие фитопланктона у границ фронтальных разделов отмечалось и в других морских экосистемах, что, как полагают, обусловлено лучшей обеспеченностью водорослей компонентами минерального питания (Flint et al., 2002). Высокие величины  $B_t$  отмечены также на ст. 4928.

На большинстве станций основной вклад в биомассу фитопланктона давали динофлагелляты (доминировали *Dinophysis norvegica*, *Ceratium fusus*, *Protoperidinium pelucidum*, *Gonyaulax spinifera* и *G. digitale*). Относительная биомасса динофлагеллят снижалась с глубиной, и в слоях ниже термоклина доминировали диатомовые водоросли. Последнее, по-видимому, обусловлено оседанием диатомей, заканчивающих вегетацию в поверхностных слоях. Доминирование диатомей, и в первую очередь *Ditylum brightwellii*, отмечено в районах фронтальных разделов (ст. 4940, 4941, 4944) и циклонического вихря (ст. 4942). Есть все основания полагать, что и другие станции, на которых доминировали диатомей, располагались в зонах повышенной динамической активности. Так, согласно схеме поверхностных течений Белого моря (Филатов и др., 2007), станция 4930 расположена в периферической зоне циклонического круговорота перед Онежским заливом, а ст. 4928 – в периферической зоне антициклонического круговорота.

Подводя итог вышесказанному, подчеркнем следующие важные, на наш взгляд, моменты. Пространственное распределение фитопланктона в позднелетний период характеризуется значительной пространственной неоднородностью. На большей части акватории биомасса водорослей, как в поверхностном слое, так и в столбе воды ниже величин, отмечаемых весной и летом (Ильяш и др., 2003), и основной вклад в биомассу дают динофлагелляты. Однако в зонах повышенной динамической активности доминируют диатомовые водоросли. У фронтальных зон биомасса фитопланктона достигает значительных величин, соответствующих таковым в период летнего пика в развитии планктонных водорослей.

Авторы признательны академику А.П. Лисицыну за поддержку, экипажу НИС «Академик Мстислав Келдыш» и участникам экспедиции за помощь в рейсе.

#### Список литературы

- Ильяш Л.В., Житина Л.С., Федоров В.Д. Фитопланктон Белого моря. – М.: Янус-К, 2003. 168 с.  
 Филатов Н.Н., Толстикова А.В., Здоровеннов Р.Э. Закономерности изменчивости гидрофизических процессов по данным натурных изменений / Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов. – Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2007. С. 118–185.  
 Flint M.V., Sukhanova I.N., Kopylov A.I. et al. Plankton distribution associated with frontal zone in the vicinity of Pribilof Islands // Deep-Sea Res. 2002. V. 49. P. 6069–6093.

## СВЕЯЩИЕСЯ БАКТЕРИИ БЕЛОГО МОРЯ: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭМИССИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

**А.Д. Исмаилов**

Московский государственный университет, Москва, e-mail: anvaris@list.ru

Светящиеся бактерии (фотобактерии) обладают уникальной способностью генерировать видимую глазом люминесценцию, – продукт катализируемой бактериальной люциферазой реакции. Эмиссионные и физиологические параметры выделенных штаммов коррелируют с температурными условиями природной среды обитания. В экологических зонах с относительно высокой температурой морской воды ( $>25^{\circ}\text{C}$ ) преимущественно идентифицируются мезофильные виды *Vibrio harveyi*, *Vibrio fischeri*, *Photobacterium leiognathi*, в глубинах океанов при температурах менее  $15^{\circ}\text{C}$  доминируют бактерии *Photobacterium phosphoreum*. Удельная биолюминесцентная активность большинства штаммов  $10^3$ – $10^4$  кв./с. кл. Наиболее ярким свечением (до  $10^5$  кв./с. кл.) обладают низкотемпературные штаммы *P. phosphoreum*.

Белое море, как среда обитания светящихся бактерий, практически не изучено. В настоящей работе представлены физиологические и биолюминесцентные характеристики нового психрофильного штамма фотобактерий *P. phosphoreum* № 331 КМ МГУ, выделенного из акватории Кандалакшского залива Белого моря. Природный источник обитания штамма – кишечник донной рыбы керчака европейского *Myoxocephalus scorpius*. Выявлен ряд принципиальных отличий нового штамма от известных штаммов того же вида в морфологии, спектральных характеристиках биолюминесценции, параметрах роста и свечения.

Спектр эмиссии выделенного штамма характеризуется асимметричностью. Дискретная полоса максимума при 480 нм. выражена нечетко, проявляется плечо при 500–515 нм. Спектральная картина соответствует двум перекрывающимся друг друга независимым спектрам свечения с максимумами, соответствующими первичному и вторичному эмиттерам при 495 и 480 нм, при этом эмиттеры обладают соизмеримой эмиссионной активностью.

Установлено, что биомасса и свечение изменяются без признаков автоиндукции в логарифмической фазе роста. Удельная активность клеток достигает  $5 \times 10^5$  кв./с. кл. в оптимизированных условиях, длительность свечения свыше 100 часов. Как известно, в ходе глубинного роста фотобактерий рН среды сдвигается в кислую область, за счет образования кислых продуктов метаболизма. Скорость протонирования среды отражает интенсивность темновых процессов метаболизма. Величина сдвига рН существенно отличается у разных видов и штаммов, наибольшая скорость образования кислот характерна для *V. harveyi*, наименьшая у *P. phosphoreum* в стандартных буференных средах. В ходе культивирования выделенного штамма изменение рН среды не превышает 0.3 ед. рН и происходит в логарифмической фазе роста. С переходом в стационарную фазу рН среды стабилизируется. Низкая скорость реакций темнового метаболизма психрофильного штамма определяет длительность и стабильность люминесцентного цикла. Информация по солевой, рН и температурной зависимости биолюминесценции *in vivo* служат не только важными показателями видовых и штаммовых отличий, но и отражает адаптационные изменения физиологического состояния клетки в специфических условиях среды обитания. Солевая зависимость свечения интактных клеток показала адаптацию к низкой солености среды. Эмиссия проявляется в диапазоне концентраций NaCl 0.5–4%, с максимальными величинами при 2.5%. В 1% NaCl биолюминес-

центная активность составляет ~20% от максимальной. При концентрациях выше 4% соли происходит резкое подавление свечения клеток. рН-зависимость свечения интактных клеток показала, что анализируемый штамм имеет выраженную алкалотолерантность. В широком диапазоне рН (7.0–9.0) биолюминесцентная активность сохраняется на максимальном уровне. Оптимальная температура свечения и роста для *V. harveyi* и *P. leiognathi* 25–30°C, в то время как психрофильные штаммы *P. phosphoreum* проявляют максимальную люминесцентную активность при температурах 15–20°C. Температурная зависимость свечения выделенного штамма при сканировании от низких температур к высоким проявила максимум эмиссионной активности при 15°C. Результаты обратного сканирования показали, что выдерживание клеток при 25°C в течение 30 минут приводит к необратимой потере свечения.

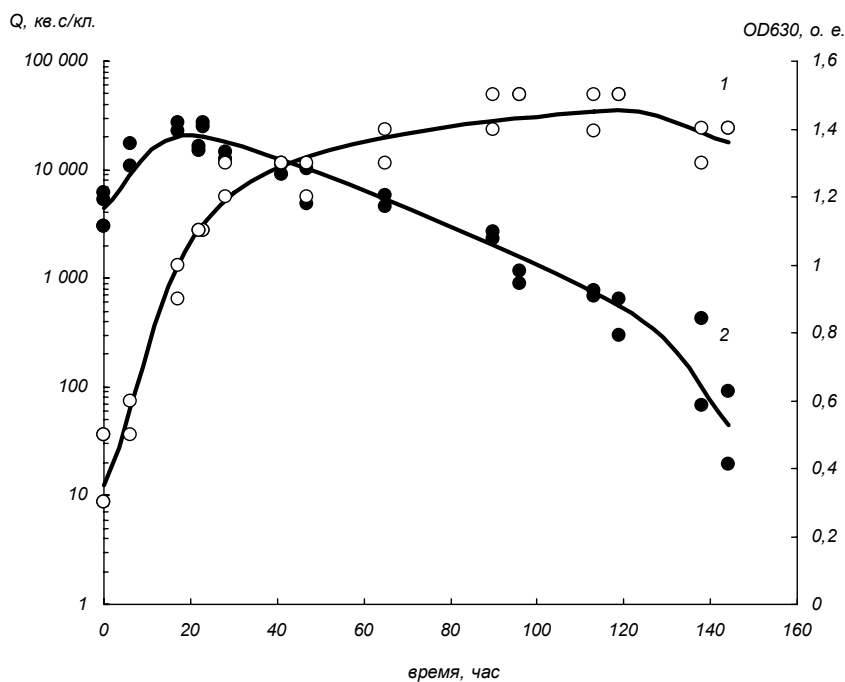


Рис. Накопление биомассы (1) и свечение (2) при культивировании на морской воде с добавлением пептона (5 г/л), дрожжевого экстракта (0.1 г/л) и глицерина (0.3%), рН 7.6, при температуре 20°C.

Полученные результаты указывают на доминирующую роль температуры и концентрации NaCl среды обитания в адаптации энергетических и физиологических характеристик светящихся бактерий, и хорошо согласуются с данными по глубинному распределению видов фотобактерий. Наиболее важным свойством фотобактерий Белого моря является повышенная, по сравнению с описанными штаммами, длительность и стабильность свечения глубинной культуры. Последнее обстоятельство создает предпосылки для использования этих бактерий в качестве токсикологических биосенсоров для непрерывного биомониторинга водных токсикантов.

## НЕЙРОТОКСИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ CD, PB И CU НА КАРДИОАКТИВНОСТЬ *LITTORINA LITTOREA* В ХРОНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

**Н.Н. Камардин, В.А. Любимцев, Е.Л. Корниенко, Г.П.Удалова,  
С.В. Холодкевич**

С.-Петербургский Научно-исследовательский Центр экологической безопасности РАН,  
e-mail: nik-kamardin@yandex.ru

При проведении исследований по биоиндикации качества воды весьма перспективным и эффективным становится применение методов, основанных на биоэлектронных системах, позволяющих регистрировать неинвазивно в реальном времени кардиоактивность моллюсков в различных условиях, в том числе при изменении гидрохимических характеристик водной среды. В такого рода исследованиях описаны изменения ЧСС при действии тяжелых металлов (ТМ). Следует подчеркнуть, однако, что физиологические механизмы, обуславливающие обнаруживаемые изменения кардиоактивности, как биомаркерной реакции, рассмотрены недостаточно. Первой мишенью, на которую ионы ТМ могут оказывать влияние, являются периферические рецепторные осфрадиальные органы, находящиеся у большинства представителей классов Mollusca в мантийной полости, т. е. в непосредственном контакте с водной средой. Осфрадии состоят из нескольких видов опорных клеток и специализированных зон интраэпителиальных рецепторных клеток, отростки которых образуют синаптические контакты в осфрадиальном ганглии, иннервируемом из ЦНС (Камардин, Ноздрачев, 2004). При воздействии ТМ импульсация из осфрадия по цепочке командных и моторных нейронов способна запускать ответные реакции организма. Целью работы было исследовать ультраструктурную организацию осфрадия беломорского переднежаберного моллюска *Littorina littorea*, и сопоставить полученные данные с изменениями кардиоактивности при токсических воздействиях ионов Cd, Pb и Cu.

Препараты осфрадиев моллюсков фиксировали общепринятыми методами и просматривали в сканирующем и трансмиссионном электронных микроскопах. По нашим данным, осфрадий представляет собой уплощенный валик, образованный однослойным цилиндрическим эпителием. По бокам валика располагаются две мерцательные зоны, сформированные ресничными клетками. Особую роль в рецепции играют небольшие пограничные участки осфрадиальной поверхности между ресничной и рецепторными зонами, которые имеют вид щели или небольшого желобка. Ресничные клетки латеральных зон осфрадия в области щели обладают широкими цитоплазматическими выростами – «воротничками», высотой до 2 мкм, которые окружают реснички с нормальным набором (9×2+2) трубчатых фибрилл. Плотные сомкнутые «воротнички» изолируют от окружающей среды небольшое пространство, заполняемое микроворсинками и короткими видоизмененными цилиями рецепторных клеток. Округлые или веретеновидные тела этих клеток располагаются в рецепторной зоне ближе к базальной мембране и имеют дифференцированные центральный и периферический отростки. Рецепторная зона имеет ровный рельеф с пучками ресничек одиночных ресничных клеток. Цилии рецепторных клеток располагаются в слое микроворсинок опорных клеток и лишены корешков. Ось осфрадия представлена удлинённым нервным ганглием, в который входят многочисленные аксоны интраэпителиальных рецепторных клеток. В центре ганглия имеется обширная зона нейропиля. От осфрадия отходит нерв, направляющийся к супраинтестинальному ганглию ЦНС. В хронических многодневных экспериментах

неинвазивно регистрировали кардиоактивность *Littorina littorea* с помощью многоканального волоконно-оптического фотоплетизмографа (Kholodkevich et al. 2008). В мантийную полость моллюсков в течение минуты инъецировали 1.0–1.5 мл морской воды с добавлением солей  $\text{CdCl}_2$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  или  $\text{CuSO}_4$ . Влияние инъекций проявлялось в кратковременном увеличении ЧСС на 2–7 ударов в минуту, причем наблюдался дозозависимый эффект. Латентный период кардиореакции на ТМ колебался от 3 до 5 минут и сокращался при повышении концентраций солей ТМ. От концентрации растворов солей ТМ зависела и длительность кардиореакции. При введении раствора  $\text{Cu}^{2+}$  5.0 мг/л изменение ЧСС длилось 1.5 часа. Контрольные инъекции чистой морской воды достоверно не изменяли ЧСС. Быстрый нейротоксический эффект ионов ТМ на кардиоактивность осуществляется, по-видимому, следующим образом. При действии ТМ первоначально страдает процесс трансдукции химических и осмотических сигналов, воспринимаемых осфрадием. В его нейропиле ионы  $\text{Cd}$ ,  $\text{Pb}$  или  $\text{Cu}$  могут ингибировать мембранные токи нейронов, вызванные медиаторами, в результате чего модифицируется спонтанная нервная импульсация от осфрадия к ЦНС. По-видимому, нарушение периферических рецепторных процессов запускает нейрогуморальные регуляторные механизмы, вызывающие повышение ЧСС, необходимые для включения процессов, противодействующих токсическому влиянию ионов ТМ.

В течение 1.5 месяцев наблюдали кардиоактивность литорин при нахождении их в растворе меди равной 45.5 мкг/л (исходно в Белом море 3.0–5.0 мкг/л). Содержание аккумулярованных в тканях ионов меди определяли с помощью атомно-адсорбционного спектрофотометра С-117-М. Уже на 3–5 сутки у большинства моллюсков проявлялось небольшое, но достоверное повышение ЧСС. Было установлено, что на 5 сутки повышение внутритканевой концентрации  $\text{Cu}^{2+}$  составляло 17%, по сравнению с нормой. В последующие 26 суток ЧСС повышалось уже на 50–75%. Замена загрязненной токсикантом воды на чистую морскую лишь немного снижала концентрацию  $\text{Cu}^{2+}$  в тканях. Наблюдавшаяся в этих опытах тахикардия, по-видимому, связана с активизацией катехоламиновых мотонейронов. Повышение ЧСС является компонентом физиологического механизма детоксикации ТМ, который включает усиление процессов фильтрации в перикардии. При действии ТМ тахикардия способствует усилению фильтрации гемолимфы в полости сердечной сумки, адсорбции ТМ в почечном эпителии и их последующее выведение из организма. Сигналом к запуску кардиорегуляторных возбуждающих нейронов служит изменение сенсорной импульсации, поступающей с периферических рецепторов осфрадия.

#### Список литературы

- Камардин Н.Н., Ноздрачев А.Д. Осфрадиальные сенсорные системы моллюсков – СПб: Изд-во СПб университета, 2004. 169 С.
- Kholodkevich S.V., Ivanov A.V., Kurakin A.S., Kornienko E.L., Fedotov V.P., Real time biomonitoring of surface water toxicity level at water supply stations // Journal of Environmental Bioindicators, 2008, V. 3, № 1, p. 23–34.

## ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА КАЛЬЦИЙ-ЗАВИСИМУЮ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ В ТКАНЯХ МИДИИ *MYTILUS EDULIS* (LINNAEUS, 1758)

Н.П. Канцерова, Л.А. Лысенко, Н.Н. Немова

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, e-mail: nkantserova@yandex.ru

Известно, что нефть и нефтепродукты относятся к числу наиболее распространенных и опасных загрязняющих водные объекты веществ. В последнее время в связи с расширением добычи углеводородного сырья на континентальном шельфе особую значимость приобретают исследования по влиянию нефтетоксикантов на морские биоценозы. Большинство исследований по данной проблеме проводится на беспозвоночных; это связано с тем, что животные данной группы являются чувствительными биоиндикаторами для тестирования и мониторинга негативных эффектов антропогенных токсических веществ. Различные биохимические показатели, в том числе показатели внутриклеточного протеолиза (активность, особенности структуры, соотношение молекулярных форм внутриклеточных протеиназ) информативны при оценке статуса организмов в условиях загрязнения.

Исследовали влияние нефтепродуктов (дизельного топлива), существенного компонента антропогенного загрязнения прибрежных зон Белого моря, на показатели внутриклеточного кальций-зависимого протеолиза в мягком теле двустворчатых моллюсков – мидий, *Mytilus edulis* (Linnaeus, 1758). Аквариальный эксперимент был поставлен на Беломорской Биологической станции ЗИН РАН мыс Картеш. Отловленных на сублиторали Белого моря одноразмерных мидий после акклиматизации к лабораторным условиям помещали в аквариумы (25 особей в каждом), в которые вносили дизельное топливо в различных концентрациях (38.8; 8.41; 1.88 и 0.35 мг/л) (экспозиция 6 суток). Контролем служили моллюски, содержащиеся в аквариуме без добавления дизельного топлива. В течение всего эксперимента поддерживались естественный температурный и световой режим.

Экстракция ферментов из мягкого тела мидий с последующей частичной очисткой протеолитических фракций показала наличие трех форм  $\text{Ca}^{2+}$ -зависимых протеиназ, различающихся молекулярной массой (110, 85 и 65 кДа) и чувствительностью к активатору – ионам кальция (максимально активны в микро-, миллимолярном диапазоне концентраций кальция и промежуточная форма, соответственно).

Распределение активности различных  $\text{Ca}^{2+}$ -зависимых протеиназ из мягкого тела мидий при действии нефтепродуктов приведено в таблице.

Единая тенденция к последовательному увеличению активности протеиназы с молекулярной массой 110 кДа и микромолярной потребностью в кальции для активации (или микро-кальпаина) из тканей мидий прослеживается при изучении групп, подвергавшихся действию нефтепродуктов в концентрациях 1.88 и 8.41 мг/л. Активация микро-кальпаина и его гомологов неоднократно отмечалась при действии на организмы различных ксенобиотиков в натуральных и аквариальных экспериментах. Такая реакция является атрибутом становления неспецифического адаптационного синдрома. Кроме того, в указанных опытных группах наблюдается постепенное повышение активности фракции кальпаинов с низким молекулярным весом (65 кДа), предполагаемого продукта автолиза других форм фермента *in vivo*.

Ca<sup>2+</sup>-зависимая протеолитическая активность (E<sub>280</sub>/г ткани/ч) в различных белковых фракциях экстракта мягкого тела мидии *Mytilus edulis* (Linnaeus, 1758) при действии различных концентраций дизельного топлива

Группа	Концентрация дизельного топлива в среде, мг/л	Ca <sup>2+</sup> -зависимая активность, E <sub>280</sub> /г ткани/ч		
		фракция 110 кДа (микро-кальпаин)	фракция 85 кДа (милли-кальпаин)	фракция 65 кДа (микро/милли-кальпаин)
1 (контроль)	0.02	0.074 ± 0.011	0.166 ± 0.014	0.010 ± 0.002
2	1.35	0.006 ± 0.001	0.032 ± 0.005	0.140 ± 0.016*
3	1.88	0.302 ± 0.042*	0.076 ± 0.012	0.140 ± 0.011*
4	8.41	0.110 ± 0.014*	0.680 ± 0.071*	1.142 ± 0.090*
5	38.8	0.036 ± 0.004	0.126 ± 0.015	0.015 ± 0.002

\* отличие от контроля достоверно при  $p \leq 0.05$

Наиболее выраженная активация всех компонентов кальпаиновой системы по сравнению с контрольными показателями и, как следствие, повышение суммарной активности, наблюдается у животных при действии 8.41 мг/л нефти. Возможно, это указывает на развитие приспособительных реакций клеточного метаболизма, которые находят отражение в показателях структурно-функциональной организации Ca<sup>2+</sup>-зависимых протеиназ. Однако, обнаруженная у ряда опытных групп (концентрация нефти 8.41 мг/л) активация милли-кальпаина, активируемого нефизиологично высокой mM концентрацией Ca<sup>2+</sup>, часто рассматривается как показатель развития патологических перестроек в тканях, вызванных нарушением гомеостаза кальция. У мидий, подвергавшихся воздействию наиболее высокой концентрации нефтепродуктов (38.8 мг/л), наблюдается тенденция к снижению общей Ca<sup>2+</sup>-зависимой активности. Можно предположить, что высокое содержание нефти в среде обитания мидий оказывает угнетающее действие на Ca<sup>2+</sup>-зависимый протеолиз в цитозоле.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Беломорской Биологической станции ЗИН РАН мыс Картеш за помощь в постановке эксперимента.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ 08-04-01140-а и Программы Президента РФ «Ведущие научные школы России» НШ-3731.2010.4.

## ТИХООКЕАНСКАЯ МИДИЯ *MYTILUS TROSSULUS* В БЕЛОМ МОРЕ: РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ВЗАИМОТНОШЕНИЯ С *MYTILUS EDULIS*

М.В. Католикова<sup>1</sup>, П.П. Стрелков<sup>1</sup>, В.М. Хайтов<sup>2</sup>,  
М.М. Ганцевич<sup>3</sup>, Р. Вайнола<sup>4</sup>

<sup>1</sup> С.-Петербургский государственный университет,  
e-mail: katolikova@mail.ru, p\_strelkov@yahoo.com

<sup>2</sup> Кандалакшский государственный природный заповедник, e-mail: polydora@rambler.ru

<sup>3</sup> Московский государственный университет, e-mail: mgantsevich@mail.ru

<sup>4</sup> Музей естественной истории университета Хельсинки, e-mail: risto.vainola@helsinki.fi

Мидии *Mytilus edulis* и *M. trossulus* – близкие виды, сходные по морфологии, различаемые по молекулярно-генетическим признакам. Традиционно считалось, что тихоокеанская мидия *M. trossulus* в Атлантике населяет побережья Канады и Балтийского моря. В этих районах ее ареал частично перекрывается с ареалом атлантической мидии *M. edulis*, они вступают в интрогрессивную гибридизацию. Паттерны гибридизации между двумя видами достаточно подробно изучены (Riginos, Cunningham, 2005). В то же время, есть указания на присутствие *M. trossulus* в Северном, Баренцевом и Белом морях (Ridgway, Naevdal, 2004, Католикова и др., 2006). В настоящем сообщении мы представляем предварительные данные о распространении *M. trossulus* в Белом море и ее гибридизации с *M. edulis*.

28 выборки мидий (рис.) были генотипированы по аллозимным локусам эстеразы-D (Est), октопин дегидрогеназы (Odh), глюкоза-6-фосфат изомеразы (Gpi) и фосфоглюкомутаза (Pgm). Различия по частотам аллелей между чистыми популяциями *Mytilus edulis* и *M. trossulus* по этим признакам составляют 57–87%, в комплексе эти признаки позволяют дискриминировать особей и популяции двух видов (Стрелков и др., 2008). Для удобства иллюстрации результатов мы разделили все аллели на характерные для *M. trossulus* (далее – аллели trossulus) и характерные для *M. edulis* (аллели edulis).

Частоты аллелей trossulus в выборках варьируют от 0.02 до 0.77. Выборки с повышенными частотами аллелей trossulus обнаружены в районах портов Кольского полуострова (Кандалакша, Умба, Гремиха) (рис., А). В районе Умбы, обследованном наиболее подробно, распределение частот аллелей мозаично, причем масштаб изменчивости в пределах района сопоставим с изменчивостью в масштабе всего моря (рис., Б).

В выборках с повышенной частотой аллелей trossulus наблюдаются отклонения от равновесия по Харди–Вайнбергу и равновесия по сцеплению. Распределение частот 4-локусных генотипов в выборках является бимодальным: генотипы с преобладанием аллелей edulis и генотипы с преобладанием аллелей trossulus доминируют над гибридными генотипами. В то же время, наблюдаемая частота гибридов всегда несколько выше ожидаемой для выборок с данными частотами аллелей, состоящих из смеси особей двух видов, без гибридизации (рис., В).

Приуроченность поселений с повышенной частотой аллелей (и генотипов) *Mytilus trossulus* к портовым районам позволяет высказать гипотезу о том, что этот вид в Белом море является интродуцентом. Картина распределения частот аллелей в районе Умбы соответствует модели мозаичной гибридной зоны; такая структура предполагает наличие механизмов экологической сегрегации между видами (Harrison, Rand, 1989). Бимодальное распределение частот генотипов в выборках соответствует модели бимодаль-



ной гибридной зоны; такая структура предполагает наличие презиготических изолирующих механизмов между видами (Jiggins, Mallet, 2000).

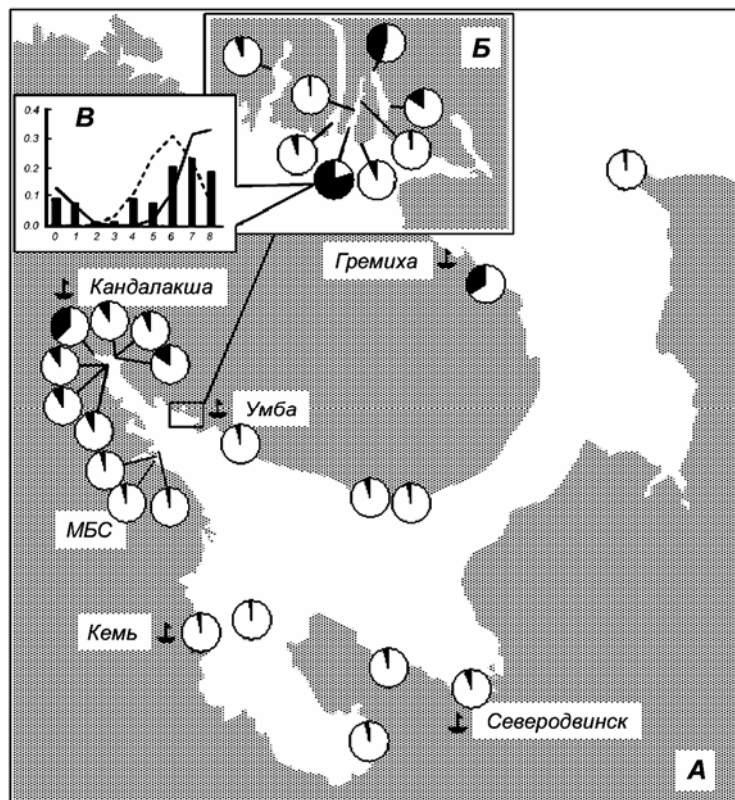


Рис. Частоты аллелей и генотипов по локусам Gpi, Est, Odh и Pgm в беломорских выборках *Mytilus*. Средние частоты аллелей *edulis* (белый сектор) и *trossulus* (черный сектор): А – в выборках из разных районов моря и Б – из района Умбы; В – наблюдаемое и ожидаемое распределение частот 4-локусных генотипов в выборке из устья губы Малая Пирью. По оси абсцисс – число аллелей *trossulus* в генотипе (0 – все аллели *edulis*; 1 – одна аллель *trossulus*, остальные *edulis*;...; 8 – все аллели *trossulus*), по оси ординат – относительные частоты генотипов. Столбцы – наблюдаемое распределение, прерывистая линия – ожидаемое для равновесной популяции со свободным скрещиванием, сплошная линия – ожидаемое для выборки с данными частотами аллелей, представленной смесью особей двух видов, без гибридов.

Мозаичная бимодальная гибридная зона описана для Канады (но не для Балтики). Презиготическими изолирующими механизмами, ограничивающими свободное скрещивание между двумя видами в Канаде, являются разные сроки нереста и относительно низкая частота оплодотворения в межвидовых скрещиваниях по сравнению с внутривидовыми (Riginos, Cunningham, 2005). Вероятно, такие же механизмы действуют и в Белом море. Факторы экологической сегрегации видов еще предстоит выяснить.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 08-04-01315-а).

#### Список литературы

- Католикова М.В., Стрелков П.П., Вайнола Р., Буфалова Е.Н., Лайус Д.Л., Сухотин А.А., Ганцевич М.М. Мидии рода *Mytilus* морей северной Европы: таксономическое разнообразие, генетические и экологические взаимоотношения / Труды VIII ежегодной конференции «Чтения памяти К.М. Дерюгина», 2006. С. 30–51.
- 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 // Вестник СПбГУ, 2008. Сер. 3. Вып. 4. С. 77–82.
- Ridgway G., Nævdal G.N. Genotypes of *Mytilus* from waters of different salinity around Bergen, Norway // Helgoland Marine Research, 2004. V. 58. P. 104–109.
- Riginos C., Cunningham C.W. Species adaptation and local segregation in two mussel (*M. edulis* × *M. trossulus*) hybrid zones // Mol. Ecol., 2005. V. 14. P. 381–400.
- Harrison R.G., Rand D.M. Mosaic hybrid zones and the nature of species boundaries / Otte D, Endler J. Speciation and its consequences. Sunderland MA: Sinauer Associates, 1989. P. 111–133.
- Jiggins C.D., Mallet J. Bimodal hybrid zones and speciation // Trends in Ecology and Evolution, 2000. V. 15. P. 250–255.

## **СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УНСКОЙ ГУБЕ БЕЛОГО МОРЯ В 2008 Г.**

**Н.В. Климовский**

Северный филиал ПИНРО, Архангельск, e-mail: klimovskiy@sevpinro.ru

Особую роль в функционировании морских экосистем играют биогенные элементы, которые вместе с кислородом и углеродом входят в состав живого вещества и являются необходимым условием процесса жизнедеятельности организмов. Биогенные элементы необходимы растительной клетке для построения ее организма; их объединяет общность распределения и транспортировки в толще воды, законы потребления их организмами и возвращения обратно в слой фотосинтеза. В первую очередь это касается азота и фосфора. Их потребление фитопланктоном в процессе фотосинтеза составляет основу минерального питания водорослей. Без азота растения не могут образовывать новые клетки, он также является необходимым конструктивным элементом. Фосфор не только участвует в конструктивных реакциях, но и определяет прохождение многих энергетических процессов, протекающих в клетках при обмене веществ (Израэль, Цыбань, 1989).

Основным источником биогенных веществ является минерализация органических остатков или сток рек. Если море соединено с высокопродуктивной зоной океана или другим морем с высокой продуктивностью (например, Белое – Баренцево), значительное количество биогенных веществ поступает в процессе водообмена между ними.

Содержание биогенных веществ отражает сложные процессы их аккумуляции в водной среде в результате геологических, физических, химических и биологических процессов. В качестве объекта исследования нами выбрана Унская губа Белого моря возле п. Пертоминск. Унская губа представляет собой глубоко вдающийся в сушу залив. Она мелководна, в нее впадает множество рек и ручьев. Все эти факторы и определяют неоднородность распределения во времени и пространстве всех гидрологических и гидрохимических характеристик губы. Интенсивное перемешивание вод в результате приливных явлений приводит к гомотермии почти на всей акватории губы.

### **Материал и методика**

Наблюдения проводились в зимнюю межень, когда концентрация многих биогенных элементов высокая (поскольку зимняя межень является самым неблагоприятным с экологической точки зрения периодом в жизни северных (да и не только северных) рек), в период весеннего половодья, в течение которого формируется 50–70% годового стока (когда N и P представлены главным образом минеральными соединениями), на спаде весеннего половодья (послепаводковый период) и осенью во время резкого снижения температуры.

Отбор проб воды производился в малую и полную воду (МВ, ПВ) с причала в черте данного поселка. Анализ проб морской воды проводился согласно общепринятыми в гидрохимической практике методами (Методы..., 1988). В комплекс гидрохимических наблюдений входило измерение содержания биогенных элементов, а именно: концентрации нитритов ( $\text{NO}_2$ ), нитратов ( $\text{NO}_3$ ), фосфатов ( $\text{PO}_4$ ), кремния (Si), аммония ( $\text{NH}_4$ ) мг/л представленных в таблице.

## Результаты и обсуждение

Таблица

Сезонные изменения содержания биогенных элементов в Унской губе Белого моря

Определяемые элементы, мг/л		Период наблюдений			
		Зимняя межень	Половодье	Послепаводковый период	Осень
NO <sub>2</sub>	МВ	0.002	0.003	0.003	0.015
	ПВ	0.002	0.002	0.002	0.007
NO <sub>3</sub>	МВ	0.052	0.006	0.010	0.016
	ПВ	0.044	0.004	0.006	0.014
PO <sub>4</sub>	МВ	0.041	0.150	0.005	0.030
	ПВ	0.078	0.270	0.025	0.014
Si	МВ	1.47	0.248	0.075	0.251
	ПВ	1.54	0.286	0.062	0.260
NH <sub>4</sub>	МВ	0.0028	0.0020	0.0015	0.0018
	ПВ	0.0033	0.0018	0.0018	0.0020

Исходя из полученных данных, наибольшую однородность в исследуемом районе имеет содержание кремния. Для него характерен отчетливо выраженный сезонный ход с зимним максимумом и летним минимумом. Максимальная концентрация (1.54 мг/л) данного элемента наблюдалась зимой и связана с увеличением в питании реки роли грунтовых вод, богатых биогенными веществами, когда процессы развития фитопланктона незначительны. Минимальные значения (0.062 мг/л) отмечалась в вегетационный период, и зависит от интенсивности процессов фотосинтеза.

Сезонные колебания концентрации аммонийного азота характеризуется обычно понижением его весной и летом (0.0015 мг/л) в результате ассимиляции растениями и увеличение в осенний период (0.0020 мг/л) при усилении процесса распада накопившегося за лето органического вещества.

Концентрация нитритов в исследуемом районе из-за их нестойкости очень незначительна. Большую часть года в поверхностных водах нитриты аналитически не обнаруживаются или присутствуют в тысячных долях мг/л. Несколько увеличивается их содержание к концу лета (0.003 мг/л), когда усиливается распад органического вещества. Повышенное содержание нитритов указывает на усиление процессов разложения органики в условиях более медленного окисления нитритных ионов в нитратные, что говорит о загрязнении.

Концентрация нитратов подвержена заметным сезонным колебаниям: в период весеннего половодья (0.006 мг/л) и в послепаводковый период (0.010 мг/л) снижается за счет потребления их водными растениями и фитобентосом в вегетационный период. Она увеличивается осенью (0.016 мг/л) и достигает максимума зимой (0.052 мг/л), когда при минимальном потреблении азота происходит разложение органических веществ и перехода азота из органических форм в минеральные.

Содержание фосфатов, как и других биогенных элементов, подвержено значительным природным колебаниям, поскольку оно зависит от соотношения интенсивности процессов фотосинтеза и биохимического окисления органических веществ. Максимальная концентрация наблюдалась весной (0.270 мг/л), а минимальная концентрация фосфатов наблюдалась летом (0.005 мг/л).

### Вывод

Таким образом, было установлено, что изменчивость содержания биогенных элементов в поверхностных водах в значительной мере обуславливается естественными сезонными колебаниями, а также влиянием жизнедеятельности организмов.

### Список литературы

Израэль Ю. А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. 527 с.  
 Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов. – М.: ВНИРО, 1988. 119 с.

## ФИЛОГЕНИЯ РАКООБРАЗНЫХ КЛАССА TANTULOCARIDA НА ПРИМЕРЕ БЕЛОМОРСКИХ ВИДОВ

Г.А. Колбасов, А.С. Петрунина

Московский Государственный Университет, e-mail: gkolbasov@gmail.com, a-sergevna@mail.ru

Ракообразные класса Tantulocarida являются одними из самых мелких многоклеточных, их размеры колеблются от 80 до 400 мкм. Хотя эти животные известны с начала прошлого века, они были выделены в отдельный класс только в 1983 г. (Boxshall, Lincoln, 1983). К настоящему времени класс насчитывает более 30 видов, ассоциированных в 21 род и 5 семейств. До сих пор филогенетические связи как внутри самих тантулокарид, так и с другими ракообразными неясны. Сначала представители этой группы были описаны как паразитические изоподы – роды *Cumoniscus* Bonnier и *Microdajus* Greve. Затем их также относили к паразитическим копеподам или считали родственными усоногим ракообразным.

Tantulocarida – эктопаразиты бентосных ракообразных, таких как Copepoda, Tanaidacea, Ostracoda, Isopoda, Cumacea и Amphipoda. Виды тантулокарид характеризуются сложным жизненным циклом с чередующимися половой и партеногенетической стадиями и отсутствием типичных для большинства ракообразных линек. Для тантулокарид характерна редукция головных конечностей, присутствуют только рудиментарные антеннулы у половых стадий. Поэтому затруднительно установить филогенетические связи тантулокарид с другими ракообразными. Тем не менее, положение гонопоров самца (на седьмом туловищном сегменте) и самки (предположительно на первом грудном сегменте), указывает на родство с ракообразными класса Thecostraca (Huys et al., 1993; Колбасов и др., 1998).

На электронных микроскопах нами проведены исследования наружной морфологии и анатомии (впервые для Tantulocarida) двух беломорских видов: *Arcticotantulus pertzovi* Kornev, Tchesunov, Rybnikov, 2004 и *Microdajus tchesunovi* Kolbasov, et Savchenko, 2009. Полученные данные позволяют более полно оценить родственные связи, как внутри самих Tantulocarida, так и с другими Crustacea. Действительно, тантулокариды и текостраки обладают рядом общих признаков:

- i) сходный тагмозис тела;
- ii) наличие 6 пар плавательных торакоподов;
- iii) положение гонопоров;
- iv) половые стадии Tantulocarida очень схожи по внешнему виду с циприсовидными личинками некоторых Thecostraca (Facetotecta).

Морфология стилета тантулокарид (непарность, отсутствие собственной мускулатуры и следов сегментации) указывает на то, что он не является рудиментарной головной конечностью. Тем не менее, сходную структуру мы наблюдаем в жизненном цикле корнеголовых ракообразных Rhizocephala (Thecostraca; Cirripedia). Циприсовидные личинки самок корнеголовых, оседая на хозяина, формируют ампуловидную структуру – кентрогон, снабженную полым стилетом, через который в тело хозяина впрыскивается клеточное содержимое паразита. Разная морфология стилетов тантулокарид и ризоцефал, а также принципиально разное строение и различные функции тантулюса и кентрогона, указывают на то, что стилеты этих ракообразных – гомоплазии.

Хоботок тантулокарид выполняет ту же функцию, что и антеннулы циприсовидных личинок текострак – оценка субстрата и прикрепление к нему с помощью особого клеящего цемента. Мало того, в хоботке и антеннулах проходят протоки цементных

желез, открывающиеся на дистальном конце. Анатомия хоботка тантулокарид не дает четких свидетельств в пользу его происхождения от конечности.

Карапакс циприсовидных личинок текострак несет 5 пар особых хемосенсорных структур – решетчатых органов, имеющих сходную анатомию и происходящих от особых науплиальных щетинок (Нюег, Kolbasov, 2002; Rybakov et al., 2003). Карапакс самцов тантулокарид несет 7 пар характерных пор/ямки со сложной сенсиллой внутри. Анатомия этих образований свидетельствует о том, что они негомологичны решетчатым органам текострак.

Таким образом, нам не удалось обнаружить общие синапоморфии, позволяющие рассматривать *Tantulocarida*, как один из таксонов *Thecostraca*. Кроме того, *Thecostraca* отличаются от *Tantulocarida* по следующим ключевым признакам:

- i) наличие науплиусов с тремя парами головных конечностей;
- ii) наличие ротовых конечностей;
- iii) отсутствие головного стилета;
- iv) наличие решетчатых органов и
- v) отсутствие партеногенетической фазы в жизненном цикле.

Для дальнейших исследований филогении тантулокарид необходим молекулярный анализ их ДНК. Эти работы проводятся нами в данное время.

Работа поддержана контрактами с Роснаукой № 02.740.11.0280 и Рособразованием № П1291, а также программой Ведущих научных школ НШ-4456.2010.4 и грантом РФФИ 09-04-00916-а.

#### Список литературы

- Колбасов Г.А., Синев А.Ю., Чесунов А.В. 2008. Наружная морфология *Arcticotantulus pertzovi* – микроскопического паразитического ракообразного из Белого моря (*Crustacea*, *Tantulocarida*) // Зоологический Журнал. 2008. Т. 87, № 12. С. 1437–1452.
- Boxshall G.A., Lincoln R.J. *Tantulocarida*, a new class of *Crustacea* ectoparasitic on other crustaceans // *Journal of Crustacean Biology*. 1983. V. 3, № 1. P. 1–16.
- Нюег, J.T., Kolbasov G.A. Lattice organs in y-cyprids of the *Facetotecta* and their significance in the phylogeny of the *Crustacea Thecostraca* // *Acta Zoologica*. 2002. V. 83. P. 67–79.
- Huys R., Boxshall G.A., Lincoln R.J. The *tantulocaridan* life cycle: the circle closed? // *Journal of Crustacean Biology*. 1993. V. 13, № 3. P. 432–442.
- Rybakov, A.V., Нюег J.T., Jensen P.G., Kolbasov G.A. The chemoreceptive lattice organs in cypris larvae develop from naupliar setae (*Thecostraca*: *Cirripedia*, *Ascothoracida* and *Facetotecta*) // *Zoologischer Anzeiger*. 2003. V. 242. P. 1–20.

## К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМАХ ДЕТЕРМИНАЦИИ ПОЛА У *LITTORINA SAXATILIS* И *L. OBTUSATA* (GASTROPODA: PROSOBRANCHIA)

**Е.В. Козминский**

Зоологический институт РАН, С.-Петербург, e-mail: wsbs@zin.ru

*Littorina saxatilis* и *L. obtusata* – раздельнополые моллюски, с соотношением полов в популяциях близким к 1:1. Механизмы детерминации пола у литторин изучены недостаточно. Показано, что диплоидный набор хромосом у самцов и самок обоих видов состоит из 17 пар ( $2n=34$ ) (Janson 1983 и др.). В одном случае, получены данные о наличии гетероморфной пары хромосом, что позволяет предполагать хромосомное определение пола по типу XX : XY для самок и самцов, соответственно (Rolan-Alvarez et al., 1996). Иные доказательства существования гетерогаметного пола отсутствуют. Целью нашего исследования была проверка предположения о гетерогаметности одного из полов у *Littorina saxatilis* и *L. obtusata*.

Проверить предположение о гетерогаметности одного из полов можно по характеру расщепления в  $F_1$ : самцы и самки должны встречаться в равных соотношениях. С этой целью нами было изучено расщепление по полу в потомстве 8 самок *L. obtusata* и 7 самок *L. saxatilis*. В случае *L. obtusata*, анализировали соотношение полов у молоди, полученной из кладок, отложенных в лабораторных условиях; в случае *L. saxatilis* – у молоди, извлеченной при вскрытии из выводковых камер самок-производителей. Каждую группу потомков (далее – семью) выращивали в отдельном аквариуме. По достижении диаметра раковины 3–4 мм определяли пол моллюсков (по наличию/отсутствию пениса). Во всех семьях *L. obtusata* и в двух семьях *L. saxatilis*, с помощью молекулярно-генетических маркеров (микросателлитная ДНК) были выделены группы полных сибсов, соответствующие потомству различных отцов. Детальное описание использованной методики приведено в работе Козминского с соавторами (2008).

В случае *L. obtusata*, расщепление по полу обнаружено во всех семьях. В 17 выделенных группах полных сибсов доля самцов колебалась от 30.0% до 71.4%. Статистически достоверных отличий от 50% не обнаружено. Доля самцов одинаково часто отклонялась от 50% как в большую, так и в меньшую сторону. Соотношение полов, рассчитанное как среднее по всем группам полных сибсов, составило 50.3% самцов и 49.7% самок, т. е. почти идеально соответствовало 1:1.

В случае *L. saxatilis*, расщепление по признаку пола наблюдалось в 6 из 7 семей. Доля самцов в семьях № 1–№ 5 (в целом) и в семье № 6 (в группах полных сибсов) варьировала от 41.3% до 61.5%. Преобладали отклонения в большую сторону, однако достоверных отличий от 50% не обнаружено. Соотношение полов, в среднем по всем семьям, составило 55% самцов и 45% самок. Таким образом, в большинстве случаев, соотношение полов в потомстве у *L. saxatilis* также хорошо соответствует 1:1, что подтверждает гипотезу о существовании гетерогаметного пола.

В кажущемся противоречии с проверяемой гипотезой находятся результаты, полученные для седьмой самки *L. saxatilis*. В этом случае, расщепление по признаку пола отсутствовало; в потомстве были представлены только самцы. Большинство из них имели зачаточный (60.3%) или недоразвитый (29.3%) пенис, у 6.9% особей он был почти нормальным, а у 3.4% – половые протоки и железы даже были заполнены секретом. Сомнения в правильности определения пола во всех случаях отсутствовали. Анализ отцовства показал, что эта самка скрещивалась с тремя различными самцами.

Наиболее вероятной причиной отсутствия расщепления является мутация, вызывающая трансформацию пола, сопряженная с материнским эффектом.

Известно, что у *Drosophila* определение пола происходит по тому же типу, что предполагается у литторин (XX : XY). Ключевую роль в детерминации пола играет соотношение продуктов трех генов – *da*, *sis-a* и *sis-b*. Для запуска развития зиготы по женскому пути требуется достаточное количество комплексов, состоящих из белковых молекул – продуктов этих генов. Белок *da* поступает в яйцеклетку из организма матери; его количество соответствует двум дозам, так как он считывается с генов, расположенных в двух материнских аутосомах. Белки *sis-a* и *sis-b* синтезируются в яйцеклетке; их количество зависит от числа X-хромосом, в которых расположены соответствующие гены. В женских зиготах образуется две дозы белков *sis*, в мужских – только одна. Описана мутация «*da*<sup>1</sup>» (Estes et al., 1995), нарушающая формирование белкового продукта этого гена, следствием которой является уменьшение количества белковых комплексов *sis/da*. В потомстве самок – носителей мутантного аллеля формируются только самцы.

Имеющиеся данные указывают, что у литторин реализуется тот же вариант определения пола, что и у дрозофилы. Поэтому можно предполагать и известное сходство молекулярно-генетических механизмов детерминации пола, в частности – существование аутосомного гена, аналогичного по действию гену *da* дрозофилы. Обследованная нами самка может быть, например, гетерозиготной по такому гену, но фенотипически нормальной, т.к. на стадии зиготы получила нужное количество белка *da* из материнского организма. В то же время, ее дочери будут получать только часть необходимого белка и их развитие пойдет по мужскому пути.

Таким образом, полученные нами данные подтверждают существование гетерогаметного пола у литторин и, кроме того, позволяют предполагать определенное сходство молекулярно-генетических механизмов определения пола у литторин и дрозофилы.

#### Список литературы

- Козминский Е.В., Лезин П.А., Фокин М.В. Методика изучения наследования признаков окраски раковины у моллюсков рода *Littorina* (Gastropoda, Prosobranchia) // Зоол. журн. 2008. Т. 87. С. 614–619.
- Estes P.A., Keyes L.N., Schedl P. Multiple response elements in the Sex-lethal early promoter ensure its female-specific expression pattern // Mol. Cell. Biol. 1995. V. 15. P. 904–917.
- Janson K. Chromosome number in two phenotypically distinct populations of *Littorina saxatilis* Olivi, and in specimens of the *Littorina obtusata* (L.) // J. Moll. Stud. 1983. V.49. P. 224–227.
- Rolan-Alvarez E., Buno I., Gosalvez J. Sex is determined by sex chromosomes in *Littorina saxatilis* (Olivi) (Gastropoda, Prosobranchia) // Hereditas. 1996. V. 124. P. 261–267.

## **РЫБНЫЕ РЕСУРСЫ ВОДОЕМОВ БАСЕЙНА РЕКИ ОНЕГИ, СОХРАНЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ В ИЗМЕНИВШИХСЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

**А.К. Козьмин**

Северный филиал ПИНРО, Архангельск, e-mail:kozmin@sevpinro.ru

Онега относится к числу крупных рек Европейского Севера России. Площадь водосбора ее 56900 км<sup>2</sup>, длина водотока 416 км. Общий рыбохозяйственный фонд онежского бассейна 1557 км<sup>2</sup>, из них 84% занимают озера и 16% реки. Ихтиофауна бассейна р. Онеги насчитывает 35 видов и подвидов рыб и рыбообразных. Кроме них с целью акклиматизации выпускались северодвинская стерлядь, нельма, пелядь и горбуша. Река Онега относится к числу важных семужье-нерестовых рек Белого моря. Наибольшее значение для воспроизводства семги имеет среднее течение реки и 5 основных притоков: Кожа, Сывтуга, Кена, Моша, Икса (Новиков, 1964).

В рыбохозяйственном отношении весь бассейн р. Онеги можно разделить условно на 3 района: предустьевой участок, русло реки с крупными притоками и верховье с большими озерами. Каждый из этих районов характеризуется свойственным ему набором видов промысловых рыб. В предустьевом пространстве осуществляется промысел сельди, наваги, камбалы, корюшки. Годовой вылов рыбы здесь в отдельные годы прошлого века достигал 800 т (Кудерский, Мельникова, 1983). Речной промысел сосредоточен в низовьях р.Онеги и основан на нерестовых миграциях семги, сиговых, миноги. В общих уловах речные рыбы составляют не более 10%, но по качеству выпускаемой из них рыбной продукции занимают ведущую роль.

В бассейне реки Онеги находится 3316 озер суммарной площадью водного зеркала 1690 км<sup>2</sup>. Подавляющее большинство водоемов (96.2%) имеют площадь менее 0.5 км<sup>2</sup>. Озера имеют тектоническое происхождение, котловины которых сильно преобразованы процессами эрозии и аккумуляции в период материковых оледенений. Типичным примером тому являются мелководные озера Воже, Лача, Большое Мошенское и др. В меньшей степени изменился рельеф дна Кенозера, Ундозера и Кожозера, поэтому характеризуются они сравнительно большими глубинами. Максимальная глубина 68 м отмечена в Кенозере.

В онежском бассейне основными рыбопромысловыми водоемами являются озера Воже и Лача. Озеро Воже занимает площадь 418 км<sup>2</sup>. Водоем мелководный, средняя глубина 1.4 м. В оз. Воже обитает 18 видов рыб, принадлежащих к четырем фаунистическим комплексам. С целью акклиматизации в Воже вселялись нельма, сиг-нельмушка и судак. Положительный рыбоводный эффект получен только от вселения судака. В последние годы, по данным официальной статистики, на оз. Воже наблюдается увеличение уловов. Так, в 2002 году добыто 146 т рыбы-сырца. Увеличение общих уловов рыбы произошло главным образом за счет вылова леща и судака, акклиматизируемого здесь с 1987 г. (Печников, Коновалов, 2004).

Озеро Лача служит водоприемником сточных вод оз. Воже, площадь водного зеркала которого 345 км<sup>2</sup>. Связующим звеном их служит р. Свидь, длина водотока которой 64 км. Среднегодовой объем стока воды по Свиди 1.95 км<sup>3</sup>, что составляет 56.5% общего поверхностного притока оз. Лача. Озеро Лача является высококормным водоемом, промысловая рыбопродуктивность в среднем 10 кг/га. В начале 90-х годов прошлого столетия учтенный годовой вылов рыбы здесь достигал 180 т.



Анализ современной ситуации в рыбохозяйственном комплексе на оз. Лача свидетельствует о нерациональном использовании имеющихся в нем рыбных ресурсов. Промыслом изымается только лещ, а мелкочастиковые рыбы на протяжении последних десяти лет практически не облавливаются. Озеро сильно заросло водной растительностью, происходит постепенное заиление нерестилищ леща и щуки, в связи с чем снижается эффективность естественного воспроизводства рыб. Кроме того, заиление озера уменьшает доступность бентосных организмов и является причиной позднего переключения леща на потребление энергетически выгодного корма. Вследствие этого в оз. Лаче формируется популяция тугорослого леща, пораженного лигулезом. В 2006 и 2008 гг. в неводных уловах больше половины маломерных лещей были лигулезными. В 2009 г. число больных лещей снизилось до 30%. Борьба с гельминтами у рыб в естественных водоемах довольно сложна. В условиях оз. Лача главной мерой борьбы с лигулезом является мелиоративный отлов больных рыб. В качестве профилактических мер рекомендуем в течение 5 лет вылавливать неводами ежегодно не менее 30 т лигулезного леща.

Среди крупных озер Северо-Запада России Лача является самым заросшим. Процесс зарастания макрофитами продолжает прогрессировать и во избежание дальнейшего усугубления ситуации он должен быть приостановлен или стабилизирован на определенном уровне. Экосистема оз. Лача будет функционировать на высоком продукционном уровне, если 40% (6,7 тыс. га) общей площади зарастаний будет расчищено с удалением корневой системы.

#### **Список литературы**

- Кудерский Л.А., Мельникова М.Н. Рыбы и рыбное хозяйство в бассейне реки Онеги / Современное состояние и качество вод реки Онеги и водоемов ее бассейна. – Петрозаводск : Карельский фил. АН СССР, 1983. С. 84–99.
- Новиков П.И. Рыбы водоемов Архангельской области и их промысловое значение. – Архангельск, 1964. 144 с.
- Печников А.С., Коновалов А.Ф. Озеро Воже / Современное состояние рыбного хозяйства на внутренних водоемах России. – СПб.: ИП Комплекс, 2004. С. 43–54.

## **БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЦИКЛА СЕРЫ В ЭСТУАРИИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ**

**Н.М. Кокрятская, С.А. Забелина, К.В. Титова, О.Н. Воронцова**

Институт экологических проблем Севера УрО РАН, Архангельск, e-mail: nkokr@yandex.ru

Как известно, многие ключевые процессы осадочной геохимии серы имеют микробиологическую природу. Это, прежде всего процессы, связанные с изменением ее степени окисления. Причем, если процессы окисления восстановленной серы могут осуществляться как химическим, так и микробиологическим путем, то восстановление сульфатов до сероводорода в условиях низких температур протекает исключительно при участии живых организмов и осуществляется по двум направлениям. Результатом ассимиляторного восстановления сульфатов является синтез серосодержащих аминокислот. При диссимиляторном восстановлении – сульфатном дыхании, в окружающую среду выделяется сероводород, который трансформируется затем в различные по устойчивости соединения восстановленной серы, что приводит к накоплению последней в донных отложениях. Именно бактериальная сульфатредукция с одновременной минерализацией органического вещества является одним из основных процессов глобального цикла серы. К настоящему времени достаточно широко изучены микробиологические, геохимические и изотопные аспекты процесса сульфатредукции в морских осадках. Изучению же этого процесса в пресноводных водоемах уделяется гораздо меньше внимания.

Настоящая работа посвящена изучению геохимии серы в донных осадках, отобранных в устьевой области реки Северной Двины. Определение соединений восстановленной серы – производных бактериального сероводорода: серы кислоторастворимых сульфидов, элементной, пиритной и связанной с органическим веществом, а также сульфатной проводили, используя метод системного фазового анализа, разработанный в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

В результате систематических исследований, выполняемых с 1994 года и по настоящее время, установлено повсеместное присутствие соединений восстановленной серы в осадках Северной Двины. Общее количество восстановленной серы ( $\Sigma S_{H_2S}$ ) оставалось относительно невысоким в течение всего периода наблюдений и преимущественно изменялось в интервале от 0.1 до 0.5% (в расчете на сухой осадок), лишь в отдельных случаях превышая 1%. В распределении  $\Sigma S_{H_2S}$  на устьевом участке реки можно отметить области ее относительно повышенного содержания. Во-первых, это участки вблизи выпуска биологически очищенных сточных вод Архангельского и Соломбальского ЦБК. Содержание всех форм восстановленной серы увеличивается здесь в 2–4 раза по сравнению с «фоном» (0.26%). Необходимо отметить, что в данных условиях восстановленная сера, кроме диагенетического, может иметь и техногенный генезис. Так, сульфидная (кислоторастворимая) и элементная сера образуются в технологическом цикле производства сульфатной целлюлозы, а органическая поступает в водоем с волокнами активного ила, использующегося для очистки стоков. Кроме того, представляется возможным поступление органической серы в составе сульфатного лигнина и других высокомолекулярных соединений, образующихся на различных стадиях технологического процесса. В отличие от трех вышеперечисленных форм, пирит не является компонентом, специфичным для сточных вод предприятий ЦБП. Скорее всего, возрастание количества пиритной серы вблизи выпуска сточных вод является отражением интенсификации самого процесса сульфатредукции, как под влиянием локального увели-

чения концентрации сульфатов, так и вследствие поступления со стоками лабильных органических веществ.

Вторая область повышенного содержания  $\Sigma S_{H_2S}$  приурочена к морскому краю дельты реки. Интенсификация сульфатредукции при этом обусловлена здесь естественными причинами – периодическим поступлением сульфатов с морскими водами во время приливов и повышенным количеством органики вследствие ее коагуляции и осаждения на маргинальном фильтре.

Установлено, что накопление восстановленной серы в исследованных донных отложениях связано с содержанием в них органического вещества (коэффициент корреляции между  $\Sigma S_{H_2S}$  и  $C_{org}$  равен 0.76 ( $n=90$ )). Несмотря на достаточно высокое содержание органического вещества в исследованных осадках (более 1%) лишь незначительная его часть расходуется на восстановление сульфатов – величина отношения S/C оставалась крайне невысокой и составляла в среднем 0.07. Скорее всего, наиболее вероятной причиной низкой интенсивности сульфатредукции в речных осадках является не только низкое содержание сульфатов в речных водах, но и специфические особенности качественного состава органического вещества водоемов северной гумидной зоны, а именно присутствие в его составе большой доли аллохтонных трудноминерализуемых веществ, недоступных микроорганизмам.

Те же особенности распределения, что и для восстановленной серы, отмечены в распределении реакционноспособного железа ( $Fe_{реакц}$ ), с которым сера тесно связана в процессах диагенеза. Локальное увеличение его содержания в зоне влияния сточных вод ЦБК и перераспределение форм в его составе в пользу закисных форм обусловлено возрастанием здесь интенсивности окислительно-восстановительных процессов. Это проявляется, в частности, в значительном возрастании (до 50–80%) доли двухвалентного реакционноспособного железа, в том числе и связанного с серой за счет восстановления  $Fe^{+3}$  до  $Fe^{+2}$ . Присутствие в осадках значительных количеств реакционноспособного железа (40% от его валового содержания) позволяет связывать сероводород, генерируемый сульфатредуцирующими бактериями и/или поступающий со сточными водами, в малорастворимые соединения, в результате чего он не оказывает негативного влияния на экосистему реки. Относительно постоянное пространственное положение участков непосредственного влияния сточных вод предприятий ЦБП на экосистему реки позволяет нам рассматривать их как техногенные геохимические барьеры.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 61, Грант РФФИ 08-05-00657-а.

## ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ СОЛЕННОСТНОЙ АДАПТАЦИИ *LITTORINA OBTUSATA* (LINNAEUS, 1758)

**А.Ю. Комендантов, А.О. Смуров**

Зоологический институт РАН, С.-Петербург, e-mail: Kom54@mail.ru, alexsmurov112004@mail.ru

Продолжительность акклимации в зависимости от силы воздействия фактора была исследована в 70-е годы на беломорском моллюске *Hydrobia ulvae* (Бергер, 1976; Кондратенков, 1976). Эти эксперименты показали, что длительность акклимации гидробий в различных соленостях не одинакова: она тем больше, чем сильнее новая соленость отличается от исходной.

Ранее нами была предложена модель, описывающая зависимость между временем адаптации к измененной солености и тем, насколько эта соленость отличается от величины исходной солености акклимации для *Hydrobia ulvae* (Комендантов, Смуров, 2007).

Настоящая работа призвана ответить на вопрос, годится ли предложенная модель для описания аналогичного процесса у *Littorina obtusata*.

Работа была выполнена в июне–августе 2006 г. на Беломорской биологической станции Зоологического института РАН. Моллюски *Littorina obtusata* Linnaeus, 1758, стандартизованные по размеру (высота раковины: 4–6 мм), были собраны в бухте Левой Чупинской губы Кандалакшского залива Белого моря с зарослей фукоидов. Сразу после сбора животные были помещены в аквариумы с аэрируемой морской водой соленостью 26‰, которые располагались в изотермической комнате при температуре  $10 \pm 1^\circ\text{C}$ . Воду меняли ежедневно. Во всех опытах моллюсков кормили талломами *Fucus vesiculosus*. Моллюски использованы в экспериментах через неделю после сборов и адаптации к аквариальным условиям. Соленость определяли с помощью рефрактометра-солемера Atago S/Mill. Экспериментальные среды готовили разведением морской воды пресной или выпариванием.

В качестве тестируемой функции организма была выбрана способность моллюсков прикрепляться к субстрату. Перед серией опытов по исследованию продолжительности адаптации определяли толерантные диапазоны моллюсков для каждой солености акклимации согласно принятой методике – подсчитывали процент активных животных или животных с открытой крышечкой в тестовых соленостях через 2 часа после переноса. Значение тестовой солености считалось принадлежащим толерантному диапазону, если активность демонстрировали 100% моллюсков (Бергер, Горбушин, 2001). В каждом опыте использовалось 95–140 особей. Если в процессе опыта животные погибали (в низких и высоких тестовых соленостях), то подсчитывали долю активных литорин от оставшихся в живых.

Для оценки верхней и нижней границы толерантности по показателю активности моллюсков были использованы животные, акклимированные к солености 15, 20, 25, 30, 35, 40 и 50‰. На основании полученных данных был построен соленостный толерантный полигон. При исследовании времени адаптации моллюсков переносили в ряд тестовых соленостей. Адаптацию считали завершенной в случае, если адаптировались 95% моллюсков, участвовавших в опыте.

В наших опытах моллюски выживали в диапазоне потенциальной толерантности от 12‰ до 52.5‰. Продолжительность адаптации  $t$  хорошо описывалась следующей формулой:

$$t = a \cdot \operatorname{ch}(\sqrt{S} + b) + c,$$
$$t > 0,$$

где  $S$  – тестируемая соленость,  $a$ ,  $b$  и  $c$  – параметры.

Параметры и их ошибки определяли методом наименьших квадратов. Для оценки степени соответствия предложенных моделей экспериментальным данным был использован коэффициент корреляции Пирсона. Необходимые расчеты проводили с помощью программы STATISTICA 6.0 для WINDOWS.

Модель имеет ряд особенностей и хорошо соответствует данным опытов. Во-первых, для описания процесса адаптации к изменению солености надо рассчитывать лишь одно уравнение. Кроме того, знание толерантных границ, полученных из анализа данных по смертности, не является необходимым для данного метода. Время адаптации в областях солености, близкой к толерантной границе, увеличивается, однако остается конечным. Это положение хорошо согласуется с современными представлениями об адаптации (Хлебович, 1981; Бергер, 1986).

Кроме того, модель дает еще одну интересную возможность – оценивать толерантный диапазон по показателю активности. Точки, где функция равна 2 часам, практически совпадают с полученными нами толерантными диапазонами, коэффициенты корреляции – 0.97 для верхней границы ( $p < 0.05$ ) и 0.95 для нижней границы ( $p < 0.05$ ).

Таким образом, предложенную нами модель можно считать пригодной для описания процесса соленостной адаптации у моллюсков.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА ПИГМЕНТОВ ГАЛОФИТОВ ПРИЛИВНО-ОТЛИВНОЙ ЗОНЫ БЕЛОГО МОРЯ

**А.А. Корзунина, Е.Ф. Марковская**

Петрозаводский государственный университет, e-mail: korzunina84@mail.ru, e-mail: volev@sampo.ru

Приливно-отливная зона морей занимает особое положение в спектре местообитаний прибрежно-водных растений. Растения приливно-отливной зоны приспособлены к нестабильным условиям побережий: действию приливов, изменению солености, регулярному изменению освещенности. Прибрежные места обитания можно охарактеризовать как гетерогенные, и во времени, и в пространстве (Levinsh, 2006).

Целью работы было сравнение пигментного аппарата растений с разной степенью устойчивости к засолению, обитающих в пределах приливно-отливной зоны.

Материал был собран в июне 2008 года на побережье Кандалакшского залива. Содержание фотосинтетических пигментов определяли по общепринятым методикам (Сапожников и др., 1978; Lichtenthaler, Wellburn, 1983; Lichtenthaler, 1987; Maslova, Popova, 1993) спектрофотометрически (СФ-26, Россия), содержание хлорофиллов в светособирающем комплексе (ССК) – расчетным путем. Содержание пигментов было определено у 14 видов, произрастающих на приливно-отливной зоне. Исследованные виды по отношению к засолению относятся к экологической группе галофитов (облигатные – *Honckenya peploides* (L.) Ehrh. s.l., *Ligusticum scoticum* L., *Plantago maritima* L. s.l., *Triglochin maritimum* L., *Tripolium vulgare* Nees, *Glaux maritima* L., *Potentilla egedii* Wormsk., *Zostera marina* L., факультативные – *Cochlearia arctica* Schlecht. ex DC., *Lathyrus aleuticus* (Greene) Pobed., *Leymus arenarius* (L.) Hochst., *Triglochin palustre* L., *Juncus gerardii* Loisel. s.l., *Eleocharis uniglumis* (Link) Schult.).

Анализ полученных данных показал, что среднее содержание хлорофиллов у исследованных видов растений варьирует в достаточно узком диапазоне от  $3.9 \pm 1.3$  до  $8.0 \pm 1.1$  мг/г сухой массы, а каротиноидов – от  $1.4 \pm 0.4$  до  $4.3 \pm 0.4$  мг/г сухой массы. Значимой разницы по значениям среднего содержания пигментов между факультативными (хлорофиллы –  $5.2 \pm 1.9$ , каротиноиды –  $2.4 \pm 1.0$  мг/г сухой массы) и облигатными (хлорофиллы –  $5.0 \pm 1.6$ , каротиноиды –  $2.2 \pm 0.8$ ) мг/г сухой массы галофитами не обнаружено. В группе облигатных галофитов максимальное содержание фотосинтетических пигментов было у *Glaux maritima* (хлорофилл *a* –  $6.2 \pm 0.6$ , хлорофилл *b* –  $1.8 \pm 0.5$ , каротиноиды –  $3.5 \pm 0.2$  мг/г сухой массы), а в группе факультативных галофитов – у *Lathyrus aleuticus* (хлорофилл *a* –  $5.4 \pm 1.5$ , хлорофилл *b* –  $1.6 \pm 0.6$ , каротиноиды –  $3.1 \pm 0.7$  мг/г сухой массы).

Среднее соотношение хлорофиллов у исследованных видов изменяется в пределах 3.0–8.3 (таблица). Резко отличные значения этого показателя обнаружены у *Triglochin palustre* и *Eleocharis uniglumis*. Соотношение хлорофиллов сказывается и на размерах ССК, у этих двух видов они наименьшие. Оба вида являются факультативными галофитами, но на беломорском побережье на разных уровнях приморских лугов (*Triglochin palustre* – на высоких, *Eleocharis uniglumis* – на низких). Судя по значениям ССК (менее 50%) эти виды можно отнести к светолюбивым растениям. У остальных видов размер ССК составил около 50%.

Соотношения фотосинтетических пигментов в листьях галофитов  
Кандалакшского залива Белого моря

Вид	Хлорофилл <i>a</i>	Хлорофиллы	ССК, %
	Хлорофилл <i>b</i>	Каротиноиды	
<b>Облигатные галофиты</b>	<b>3.3±0.7</b>	<b>2.4±0.5</b>	<b>51.9±8.2</b>
<i>Honckenya peploides</i>	4.5±0.8	2.0±0.1	40.9±6.1
<i>Ligusticum scoticum</i>	4.0±0.6	2.2±0.2	44.9±6.5
<i>Plantago maritima</i>	3.1±0.6	2.8±0.3	53.9±6.6
<i>Triglochin maritimum</i>	3.2±0.8	2.9±0.6	54.1±9.9
<i>Tripolium vulgare</i>	3.4±0.4	2.7±0.2	50.7±5.0
<i>Glaux maritima</i>	3.4±0.6	2.3±0.2	48.6±6.1
<i>Potentilla egedii</i>	3.7±0.4	2.4±0.3	47.3±3.9
<i>Zostera marina</i>	3.0±0.6	2.1±0.3	55.7±7.9
<b>Факультативные галофиты</b>	<b>4.2±1.7</b>	<b>2.3±0.4</b>	<b>45.8±10.3</b>
<i>Cochlearia arctica</i>	3.9±1.0	2.3±0.2	46.9±8.6
<i>Lathirus aleuticus</i>	3.7±0.8	2.2±0.2	48.6±8.2
<i>Leymus arenarius</i>	3.4±0.4	2.6±0.3	56.6±4.6
<i>Triglochin palustre</i>	6.6±1.6	1.8±0.1	29.8±6.1
<i>Juncus gerardii</i>	3.3±0.1	2.6±0.2	51.7±1.6
<i>Eleocharis uniglumis</i>	8.3±1.6	1.6±0.1	24.3±4.3

У видов, произрастающих на литорали (*Plantago maritima*, *Triglochin maritimum*, *Tripolium vulgare*, *Glaux maritima*, *Zostera marina*, *Triglochin palustre*, *Juncus gerardii*, *Eleocharis uniglumis*, *Potentilla egedii*) среднее значение ССК варьирует от 24 до 56%. В то время как среди видов, произрастающих на супралиторали (*Cochlearia arctica*, *Honckenya peploides*, *Ligusticum scoticum*, *Lathirus aleuticus*, *Leymus arenarius*) размер ССК варьирует в более узких пределах от 41 до 51%.

Наиболее высокое соотношение хлорофиллов и каротиноидов у *Triglochin maritimum*, *Tripolium vulgare*, *Juncus gerardii* и *Leymus arenarius*, что свидетельствует о снижении относительного содержания желтых пигментов у данных видов.

Диапазон изменения исследованных параметров фотосинтетического аппарата оказался шире у видов, произрастающих на литорали, чем у видов супралиторали. Это может быть связано с тем, что растения литорали произрастают в более нестабильных, гетерогенных условиях, чем растения супралиторали.

Часть работы выполнена по гранту № 3832 в рамках Аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы».

#### Список литературы

- Сапожников Д.И., Маслова Т.Г., Попова О.Ф. и др. Метод фиксации и хранения листьев для количественного определения пигментов // Бот. журн. 1978. Т. 63. № 11 С. 1586–1592.
- Ievinsh G. Biological basis of biological diversity: physiological adaptations of plants to heterogeneous habitats along a sea coast // Acta Universitatis Latviensis, 2006. Vol. 710. P. 53–79
- Lichtestaller H.K., Wellburn A.R. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaves extracts in different solvents // Biochem. Soc. Trans. 1983. Vol. 11. № 5. P. 591–592.
- Lichtestaller H.K. Chlorophylls and carotenoids – pigments of photosynthetic biomembrans // Methods of Enzymology. 1987. Vol. 148. P. 350–382.
- Maslova T.G., Popova I.A. Adaptive properties of the plant pigment system // Photosynthetica. 1993. Vol. 29. № 2. P. 195–203.

## ОРЛАН-БЕЛОХВОСТ И ОБЫКНОВЕННАЯ ГАГА В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ, БЕЛОЕ МОРЕ

**А.С. Корякин, Н.С. Бойко**

Кандалакшский государственный природный заповедник, e-mail: ask\_kand\_reserve@com.mels.ru

Орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla* – наиболее заметная хищная птица Кандалакшского залива. Вид относится к особо охраняемым, включен в Красные книги Российской Федерации и Мурманской области (статус: 3 – редкий вид). Обыкновенная гага *Somateria mollissima* – самая многочисленная морская утка, гнездящаяся в Кандалакшском заливе. Охота на гагу была запрещена в 1930-е годы, в настоящее время вид подлежит биологическому надзору в России и Мурманской области.

До середины 1980-х гг. орлан был редким видом: за сезон на заповедных участках в Кандалакшском заливе регистрировалось 30–50 встреч (гнезилось 4–5 пар). Далее в течение 10 лет происходил непрерывный рост встречаемости орланов, но количество жилых гнезд не превышало 4–8. С 1995 г. ежегодно отмечается 150–300 встреч (3–12 гнездящихся пар). Очевидно, что большая часть птиц, регистрировавшихся в последние годы, здесь не гнездится. Орланы отмечаются в Кандалакшском заливе круглогодично, но более 95% встреч приходится на май–октябрь, 60% – на июль–сентябрь (Koryakin, Boyko, 2006).

В Кандалакшском заливе в рационе орланов отмечены десятки видов птиц, млекопитающих и рыб (Флеров, 1970). По регистрации на островах остатков птиц, взятых орланами (сводные данные за 1996–2005 гг. по архипелагам Северный, Кибринский, Тарасиха), добываются преимущественно насиживающие гаги (доля самцов не превышает 1–2%). Гаги составляли в разные годы 52–93%, в среднем – 77.0% от числа всех обнаруженных жертв ( $n=2271$ ). Прямые наблюдения за успешной охотой орланов на акватории дают сходную картину (наблюдения 1997–2004 гг.,  $n=65$ ) – 66% жертв это самки и сеголетки обыкновенной гаги.

С ростом численности орланов, естественно, возрастает и пресс хищничества на популяции видов-жертв. С увеличением встречаемости орланов в Кандалакшском заливе начало расти и количество остатков гаг, находимых при проведении учетных работ на островах ( $r = 0.64$ ;  $p < 0.001$ ; данные 1980–2004 гг.). Подавляющее большинство этих птиц было добыто именно орланами, другие хищники – ястреб-тетеревятник *Accipiter gentilis*, норка *Mustela vison*, лисица *Vulpes vulpes*, медведь *Ursus arctos*, также могут добывать гаг, но масштабы их воздействия не сравнимы с влиянием орлана-белохвоста. Не менее значимое последствие охоты орланов в гнездовых колониях – увеличение отхода кладок у гаги. При охоте орлана многие самки слетают с гнезд, и кладки становятся легко доступными для серебристых *Larus argentatus* и морских *L. marinus* чаек, воронов *Corvus corax* и серых ворон *C. cornix*. В результате кладка гибнет не только у самки, схваченной орланом, но и у близ гнездящихся. Уровень отхода кладок у гаги в последние годы увеличивался параллельно с отходом самок из-за хищничества орланов ( $r = 0.81$ ;  $p < 0.001$ ; данные 1980–2004 гг.).

В 1975–1990 гг. отход инкубирующих самок гаги не превышал 1%, кладок – 15–20%. Позднее гибель самок достигла 5–10%, а отход гнезд – 30–50%. Сейчас хищничество резко снизило воспроизводство популяции гаги, которое упало ниже уровня простого воспроизводства численности.

Увеличение количества орланов в Кандалакшском заливе лишь отчасти может быть связано с успешным размножением местных птиц. В последние двадцать лет бы-



стрый рост численности орланов идет в Финляндии (50 пар в 1980 г., 300 – в 2005 г.), где, как и в Швеции, уже тридцать лет практикуется зимняя подкормка, что обеспечивает очень высокую выживаемость молодых орланов (Stjernberg et al., 2006). Очевидно, резкое увеличение встречаемости орланов в Кандалакшском заливе связано с проникновением сюда птиц западного происхождения.

Долговременные последствия сложившейся ситуации мало предсказуемы. Очевидно, что повышенное изъятие самок снижает уровень воспроизводства, а диспропорция полов ведет к общему падению репродуктивного потенциала популяции. Орланы добывают птиц преимущественно на лудах, поэтому вероятно новое перераспределение гнездящихся гаг между лесными и безлесными островами (Корякин и др., 1989). К сожалению, повышенная численность орланов в значительной степени поддерживается за счет покровительства человека и не сбалансирована с природной кормовой базой. Дальнейшее увеличение численности орланов может привести к значимой деградации колоний морских птиц, как в Кандалакшском, так и в Онежском заливах, но это может не иметь быстрого обратного воздействия на популяцию орланов.

Данное сообщение основано на материалах Летописи природы Кандалакшского заповедника за 1978–2005 гг. (Книги 24–51). Первичная информация была собрана В.В. Бианки, Н.С. Бойко, А.С. Корякиным, Е.В. Шутовой, В.Д. Кохановым, А.Е. Панариным, Н.Г. Панариной, Ф.Н. Шкляревичем, В.Б. Вошиковым, студентами и школьниками. Авторы приносят всем свою благодарность.

#### Список литературы

- Корякин А.С., Бианки В.В., Коханов В.Д., Шкляревич Ф.Н. Размещение гнездящихся обыкновенных гаг на островах Кандалакшского залива / Растительный и животный мир заповедных островов. – Москва: ЦНИЛ Главохоты РСФСР, 1989. С. 56–73.
- Флеров А.И. К экологии орлана-белохвоста в Кандалакшском заливе. // Тр. Кандалакшского гос. Заповедника. – Мурманск: Мурманское кн. из-во, 1970. Вып. 8. С. 215–232.
- Koryakin A.S., Boyko N.S. The White-tailed Sea Eagle *Haliaeetus albicilla* and the Common Eider *Somateria mollissima* in the Gulf of Kandalaksha, White Sea. / Status of Raptor Populations in Eastern Fennoscandia. Proc. of the Workshop, Kostomuksha, Karelia, Russia, November 8–10, 2005. – Petrozavodsk: Karelian RC RAS, 2006. P. 49–55.
- Stjernberg T., Koivusaari J., Högmänder J., Ollila T., Ekblom H. Population trends and breeding success of the White-tailed Sea Eagle *Haliaeetus albicilla* in Finland, 1970–2005 / Status of Raptor Populations in Eastern Fennoscandia. Proc. of the Workshop, Kostomuksha, Karelia, Russia, November 8–10, 2005. – Petrozavodsk: Karelian RC RAS, 2006. P. 151–159.

## АСОЕЛА И PLATHELMINTHES: ГИСТОХИМИЧЕСКИЕ И ИММУНОЦИТОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

**Е.А. Котикова**

Зоологический институт РАН, С.-Петербург, e-mail: kotikova.elena@gmail.com

В последние двадцать лет филогения низших Bilateria существенно пересмотрена по результатам молекулярно-филогенетических исследований. Базовое положение Acoela (бескишечных турбеллярий) признается большинством зоологов. До недавнего времени их относили к Plathelminthes, поэтому всю группу плоских червей помещали в основание древа Bilateria. Современная молекулярная филогения свидетельствует о том, что Acoela являются самой древней ветвью Bilateria не зависимой от Plathelminthes (Ruiz-Trillo et al., 1999). Самых Plathelminthes до сих пор разделяют на две группы: Catenulida и Rhabditophora. Четких синапоморфий, объединяющих эти группы пока не найдено. Rhabditophora включает основную массу свободноживущих, небольшое количество комменсальных и всех полностью паразитических плоских червей. В связи с пересмотром макросистемы Bilateria целесообразным становится проведение сравнительно-анатомического анализа нервной системы представителей Acoela и разных групп плоских червей. Сравнение результатов морфологического исследования с данными молекулярно-филогенетических построений актуально на современном этапе развития морфологии. Объектами исследования были выбраны виды: Acoela – 5; Rhabditophora: турбеллярии – 16; моногенеи – 1; цестоды – 1; трематоды: метацеркарии – 3; половозрелые – 3. Были исследованы холинергическая (Х-ергическая), катехоламинергическая (КА-ергическая) и 5-НТТиммунореактивная (IR) части нервной системы. Х-ергическая нервная система Acoela представлена комиссуральным мозгом, образованным несколькими кольцевыми комиссурами, соединенными продольными коннективами. От мозга отходят продольные стволы, число которых варьирует: 3 пары у *Convoluta convoluta*, 4 пары у *Actinoposthia beklemishevi* и *Aphnostoma virescens*, 5 пар у *Anaperus biaculeatus* и *Chaldia groenlandica* и 9 стволов у *Baltolimania* sp. Дорсальная часть нервной системы Acoela всегда развита сильнее вентральной. 5-НТТ IR участки присутствуют в стволах и мозге. Число отдельных мозговых нейронов невелико, редко встречаются кластеры из 2–3 нейронов. Таким образом, у Acoela присутствует комиссуральный мозг + стволовая нервная система. В отряде Macrostomida, самом примитивном среди Rhabditophora, выявлены существенные отличия в строении нервной системы. Х-ергическая часть у *Microstomum lineare* построена дугообразным эндональным мозгом, 3 парами стволов, соединенных регулярно расположенными 5 комиссурами. Это классический пример регулярного редкого ортогона (Котикова, 1991). КА-ергическая нервная система у *Macrostomum curvituba* и *M. hamatum* выявлена в тех же участках, что и у рода *Microstomum*, но при неравномерном расположении комиссур, а в области задней липкой пластинки обнаружено 10 биполярных нейронов (Joffe, Kotikova, 1991). Это второй тип ортогона в этом отряде – неравномерный. Х-ергическая нервная система *Prolecithophora* sp. (отряд Prolecithophora) включает мозг в виде 6-лучевой звезды, 3 пары длинных мозговых корешков, идущих к 3 стволам, и 7 кольцевых комиссур. Такой ортогон, обусловленный округлой формой тела, относится к регулярному частому с элементами радиальности. В отряде Seriata нервная система *Monocelis fusca* и *Archiloa unipunctata* имеет вид правильной лестницы, построенной эндональным дугообразным мозгом, 4 парами стволов, связанных регулярными комиссурами (21–30). Это классиче-

ский пример регулярного частого ортогона. Иную картину демонстрируют прямокишечные турбеллярии подотряда *Dalyellioida* (комменсальные *Graffilla buccinicola*, *Graffilla* sp., *Pterastericola fedotovi* и 4 вида свободноживущих). От дугообразного мозга общим корешком отходят вентральные и латеральные стволы, а дорсальные имеют мозговые корешки. У всех комменсальных и *Provortex karlingi* только одна кольцевая комиссура, и такой ортогон я называю концентрированным. У мелких *Pogaina suecica* и *Coronpharinx pusillus* и крупной *Thalassovortex tyrrhenicus* имеется несколько комиссур различной формы, что соответствует нерегулярному ортогону. У хоботковой турбеллярий *Macrorhynchus crocea* выявлен нерегулярный ортогон при бабочковидном мозге, 4 комиссурах причудливой формы, а у темноцефалиды *Pseudograffilla arenicola* при том же плане строения 2 кольцевые комиссуры и регулярный редкий ортогон. У моногеней выделяется переднее фронтальное полукольцо, у цестод варьирует число стволот от 5 до 60 при наличии одной комиссуры в проглоттиде при продольно полимеризованном ортогоне. Для трематод свойственна смена ортогонов при переходе от метацеркарии к взрослой форме. Максимальное развитие нервной системы Rhabditophora на вентральной стороне служит важным аргументом для разделения их с Acoela. Перед нами параллельное и независимое возникновение одного типа ортогона в отдаленных группах. Результаты молекулярных исследований нашли подтверждение в морфологическом описании нервной системы (Котикова, Райкова, 2008).

Поддержано грантами РФФИ: 06-04-48053 и 09-04-01309.

#### Список литературы

- Котикова Е.А. Ортогон плоских червей и основные пути его эволюции // Труды ЗИН АН СССР. 1991. Т. 241. С. 88–112.
- Котикова Е.А., Райкова О.И. Архитектоника центральной нервной системы Acoela, Plathelminthes и Rotifera // Журн. эвол. биохим. и физиол. 2008. Т. 44. № 1. С. 83–93.
- Joffe B.I., Kotikova E.A. Distribution of catecholamines in turbellarians (with a discussion of neuronal homologues in the Platyhelminthes // In Simpler nervous systems.ed.by Sakharov and Winlow. 1991. № 13. P. 77–112.
- Ruiz-Trillo, I., Riutort, M., Littlewood, T.J., Herniou, E.A., Bagunà, J. Acoel flatworms: earliest extant Bilateral Metazoans, not members of Platyhelminthes // Science. 1999. Vol. 283. P. 1919–1923.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИТОРАЛЬНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ МИДИЙ *MYTILUS EDULIS* LINNAEUS ТЕРСКОГО БЕРЕГА КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

П.П. Кравец

Мурманский государственный технический университет, e-mail: PPKravec@mail.ru

Мидия *Mytilus edulis* Linnaeus – весьма распространенный в северном полушарии вид двустворчатых моллюсков. Мидия активный фильтратор морских вод, многочисленный компонент различных зооценозов и зачастую является доминирующим видом. Мидии являются объектом промысла и разведения. Благодаря эврибионтности и громадному ареалу обитания, их можно использовать в качестве биоиндикаторов загрязненных морских вод. Одним из важнейших показателей состояния поселений мидий является ее размерно-возрастная структура. Она отражает степень пополнения поселений молодь, скорость роста моллюсков и продолжительность жизни в данных экологических условиях. Целью данной работы явилось изучение возрастной и размерно-весовой структуры литоральных поселений мидий в 3 районах Терского берега Белого моря (Кандалакшский порт, поселок Лувеньга и губа Колвица).

Пробы отбирались с трех горизонтов литорали сериями из 3 количественных проб рамкой 10×10 см. Пробу мидий взвешивали и определяли численность. Далее взвесив целого моллюска, измеряли длину раковины штангенциркулем. Возраст определялся путем подсчета количества годовых колец на створках раковины.

В результате работы установлено, что на территории Кандалакшского порта на верхнем и среднем горизонте литорали мидии отсутствуют. Вероятно, это связано с антропогенной нагрузкой, которую моллюски испытывают в результате сбрасывания сточных вод и деятельности порта. На нижнем горизонте средняя плотность поселения равна 5530 экз./м<sup>2</sup>, из которых 44% – годовики, 44.3% – мидии 2+, остальные 11.7% – мидии 3+, т. е. преобладают молодые моллюски. Биомасса поселения составляет 970 г/м<sup>2</sup>. Средний размер моллюска 1.42±0.14 см, а средняя масса 0.74±0.05 г. На литорали в районе села Лувеньга на верхнем горизонте мидии не обнаружены. Плотность поселения на среднем горизонте 630 экз./м<sup>2</sup>, а биомасса 660 г/м<sup>2</sup>. Из них на долю половозрелых моллюсков (3+ и 4+) приходится 23%, на годовиков 33%. Средний размер мидий 1.74±0.09 см, а средняя масса 0.88±0.18 г. На нижнем горизонте плотность составляет 23430 экз./м<sup>2</sup> биомасса 20260 г/м<sup>2</sup>. Годовики представлены 6% от всех особей, доминируют моллюски 3+ (44%). Мидий с нижнего горизонта крупнее, их средний размер 2.63±0.04 см и средняя масса 2.45± 0.1 г.

В губе Колвица мидии не формируют на литорали сплошной поясности, распределены они крайне не равномерно, не образуя четко выраженного пояса. Моллюски населяют средний и нижний горизонты. Прослеживается тенденция увеличения плотности и биомассы от кута губы к устью, где плотность 1250 экз./м<sup>2</sup> и биомасса 4159 г/м<sup>2</sup>. Высокая плотность в устье, вероятно, связана с каменистым типом литорали, что обуславливает большую площадь поверхности для оседания моллюсков, а также с повышенным водообменом. По мере продвижения к куту каменистые грунта сменяются илисто-песчаными. Плотность поселений уменьшается при переходе на мягкий грунт. Горизонты литорали в исследуемых частях губы различаются по присутствию на них мидий разных возрастных групп. В куту преобладают годовики (30.1%) и мидии 2+ (25.04%), на долю мидии 3+ и 4+ приходится всего 20%; на недавно осевшую молодь – 24%. В середине губы доминируют мидии возрастом 4+ – 38.5%, а также годовики – 35.8%,

важным фактом является отсутствие оседающей молодежи. В устье губы годовики составляют 8%, преобладают мидии 3+, в равном количестве присутствуют мидии 4+ и 2+ – 25.4%. По размерам и по массе мидии кустовой части превосходят остальных, средний размер  $2.98 \pm 0.12$  и средняя масса  $3.69 \pm 0.33$ . Возможно, это связано с тем, что в кут впадает река Колвица, которая способствует поступлению биогенов.

Изучив состояние литоральных поселений мидии в районе Кандалакшского порта, поселка Лувеньга и в губе Колвица можно сказать о том, что мидии встречаются повсеместно, но поселения разряжены. Плотность и биомасса на всех исследуемых участках возрастает к нижнему горизонту. Наиболее крупные моллюски населяют нижний горизонт, поскольку на данном участке повышенный водообмен, обусловленный приливо-отливными течениями, которые способствуют поступлению питательных веществ. Характерной чертой возрастной структуры исследованных литоральных поселений является преобладание моллюсков 1+, 2+ и меньшей численностью половозрелых мидий. Доминирование мидий 1 и 2 года, связано с тем, что ежегодно происходит оседание молодежи или относительно меньшая элиминация молодежи.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА А В БЕЛОМ МОРЕ ЛЕТОМ

**М.Д. Кравчишина, Н.В. Политова, А.Н. Новигатский,  
А.С. Филиппов, В.П. Шевченко**

Институт океанологии РАН, Москва, e-mail: kravchishina@ocean.ru

Отсутствует единое мнение об уровне первичной продукции в Белом море. Это связано со значительной межсезонной и межгодовой изменчивостью по содержанию в водах моря биогенных элементов, органических веществ и других компонентов (Агатов, Кирпичев, 2000; Бергер, 2007). Хлорофилл *a* – один из важнейших реакционноспособных органических веществ. Установлено его неравномерное распределение по акватории моря (Бергер, 2007; Бобров и др., 1995). Целью наших исследований было определить концентрацию хлорофилла *a* в водах Белого моря и выявить закономерности его пространственно-временной изменчивости в течение лета.

### Материалы и методы

Исследования проводились в рамках проекта «Система Белого моря» (руководитель академик А.П. Лисицын) в двух экспедициях летом: рейс 02/2008 НИС «Иван Петров» в июне 2008 г. и рейс НИС «Эколог» в июле 2009 г. В июне, как правило, отмечается летний максимум развития фитопланктона, обусловленный увеличением числа диатомовых. В июле он сменяется вторым летним пиком за счет жгутиковых (Rat'kova, 2000). Определение концентрации пигментов фитопланктона (хлорофилла *a* и феофитина *a*) проводилось флуориметрическим методом (HolmHansen, Riemann, 1978) с помощью флуориметра Trilogу фирмы Turner, предварительно откалиброванного на кафедре биофизики биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Для калибрования прибора использовался раствор хлорофилла *a*, концентрация которого была определена спектрофотометрически. Всего было проанализировано 168 проб воды.

### Результаты

В июне 2008 г. средняя концентрация хлорофилла *a* в фотическом слое (0–15 м) моря (Бассейн, Горло, Двинский и Онежский заливы) составляла 2.8 мкг/л, варьируя от 0.3 до 9.2 мкг/л. Наиболее высокие концентрации фитопигмента обнаружены в Двинском заливе и в Бассейне: среднее значение в поверхностных водах составляло 3.2 мкг/л. В Горле оно было уже заметно ниже – 0.7 мкг/л. В Воронке Белого моря концентрации хлорофилла *a* были близки к их значениям в Горле (в среднем 1.0 мкг/л). На разрезе мыс Канин Нос – мыс Святой Нос концентрации возрастали по направлению к Кольскому полуострову от 0.3 до 1.8 мкг/л. Это явление дает основание предполагать, что поступающие в Белое море баренцевоморские воды богаче хлорофиллом *a* (примерно 2 мкг/л), чем воды Воронки и Горла.

В толще вод глубже фотического слоя концентрации фитопигмента понижались в 6 и более раз, колеблясь от 1.7 (глубины 20–60 м) до 0.05 (70–260 м) мкг/л. В Воронке вследствие небольших глубин моря (до 60–90 м) концентрации у дна не понижались ниже 0.2 мкг/л. Среднее значение для глубинных вод собственно Белого моря составляло 0.5 мкг/л, а Воронки – 0.7 мкг/л. Вертикальное распределение фитопигмента отражает гидрологическую структуру вод. В Двинском заливе и восточной части Бассейна оно характеризуется максимальным значением вблизи поверхности, затем несколько снижается в области пикноклина и достигает минимума у дна. В западной части Бассейна, в отличие от восточной, максимум концентрации хлорофилла *a* формируется вблизи верхней границы пикноклина. В Горле вследствие интенсивного перемешива-

ния, сложной циркуляции вод и наличия нефелоидных слоев, значения концентрации на некоторых станциях в глубинных водах были в два раза выше, чем в фотическом слое.

В июле 2009 г. средняя концентрация хлорофилла *a* в фотическом слое Белого моря (Бассейн, Двинский и Онежский заливы) составляла 1.2 мкг/л, колеблясь от 0.2 до 2.6 мкг/л. Наиболее высокие значения концентрации (обычно до 2.6 мкг/л) были обнаружены в северной части Онежского залива, особенно вблизи южных берегов Соловецкого архипелага. Лишь на одной станции в Онежском заливе были обнаружены относительно высокие концентрации хлорофилла *a*: 6.6 мкг/л на горизонте 0 м и 7.4 мкг/л – 5 м. В глубинных водах за пределами фотического слоя средние значения концентрации фитопигмента составляли 0.2 мкг/л. С глубиной они закономерно уменьшаются и уже на горизонте 20 м (обычно соответствует глубине залегания нижней границы пикноклина) колеблются от 0.1 до 0.4 мкг/л. На глубинах более 100 м концентрация хлорофилла «а» составляет лишь сотые доли микрограмма. Однако в тонком придонном слое воды (до 50 см от дна) его значения могут значительно возрасти, достигая в собственно наддонной воде (0–20 см от дна) 2.0 мкг/л.

Концентрация хлорофилла *a* в фотическом слое Белого моря в июне была примерно в два раза выше, чем в июле, что в большей мере связано с сезонным состоянием фитопланктона и интенсивностью речного стока.

Авторы выражают благодарность В.Б. Коробову, О.Н. Балакиной, Н.Н. Филатову и А.В. Толстикovu за помощь в проведении экспедиций. Исследования поддержаны Отделением наук о Земле РАН (проект «Наночастицы...»), грантом РФФИ № 08–05–00094 и грантом Президента РФ № НШ–3714.2010.5.

#### Список литературы

- Агатова А.И., Кирпичев К.Б. Межгодовая изменчивость распределения органического вещества в Белом море // *Океанология*. 2000. Т. 40. № 6. С. 840–844.
- Бергер В.Я. Продукционный потенциал Белого моря. – СПб: ЗИН РАН, 2007. 288 с.
- Бобров Ю.А., Максимова М.П., Савинов В.М. Первичная продукция фитопланктона // *Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования*. Ч. 1. СПб.: ЗИН РАН, 1995. С. 92–114.
- Holm-Hansen O., Riemann B. Chlorophyll «a» determination: improvements in methodology. *Oikos* 30, 1978. P. 438–447.
- Rat'kova T.N The White Sea phytoplankton – a review // *Ber. Polarforschung*. 2000. № 359. P. 23–29.

## **ЧИСЛЕННОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ РЕК БАСЕЙНА БЕЛОГО И БАРЕНЦЕВА МОРЕЙ: ЛЕГЕНДЫ ОБ ИЗОБИЛИИ И ПРОЗА ДОКУМЕНТОВ**

**А.В. Крайковский**

Европейский Университет в С.-Петербурге, e-mail: karlkarlito51@gmail.com

Работа посвящено рассмотрению вопроса о том, насколько отвечают реальности наши представления о природных богатствах изучаемого региона и их изменении во времени. Эта проблема представляется одной из важнейших не только для исторической экологии промысловых рыб, но и для методологии экологической истории в целом. В самом деле, перед началом исследований мы имеем определенное представление о предмете изучения, и строим свою стратегию исходя именно из этой картины. С другой стороны, конечным продуктом исследовательской работы историка также является некая картина мира, которую мы создаем, опираясь на анализ источников.

Работа над проблематикой, изложенной в настоящем сообщении, велась в рамках международного исследовательского проекта История популяций морских животных (НМАР), поддержанного фондом А.П. Слона. В ходе проекта одной из основных задач было изучение динамики промысла атлантического лосося в бассейне Белого и Баренцева морей.

В начале работы, до того, как были изучены сохранившиеся документы, мы исходили из предположения о значительном падении уловов за период XVII–XIX вв. На основании научной литературы, восходившей к исследованиям второй половины XIX–началу XX в. мы ожидали найти в источниках XVII–XVIII вв. сведения об огромных уловах, в разы превосходящих результаты промыслов XIX в., не говоря уже о современном периоде.

В поисках количественных сведений об уловах лосося в период XVII–XVIII вв. мы обратились к документации, хранящейся в фондах государственных учреждений, контролировавших сбор налогов с Русского Севера, в первую очередь – Приказа Новгородской четверти. Сведения об уловах в определенных точках побережья удалось получить при изучении приходо-расходных книг монастырей, контролировавших семужные ловли в реках Онега (Крестный Онежский монастырь), Выг (Соловецкий монастырь), а также на Зимнем берегу Белого моря (Антониево-Сийский монастырь). Важные сведения были получены из документов Кольской таможни, собиравшей пошлины в том числе и с лососевых промыслов Западного Мурмана.

Когда источники были изучены, то мы вынуждены были признать, что никакого изобилия семги в XVII в. источники не показывают. Уловы колеблются, но каких-либо оснований говорить об устойчивом тренде к снижению уловов в период между XVII и концом XIX в. нет.

Объяснение причин этого не входят в задачу настоящего выступления. Для нас интереснее другое – каким образом возникло общее представление о колоссальных богатствах семужных рек Севера в далеком прошлом? Что лежит в основании этих представлений и как могут развиваться и бытовать подобные нарративы?

При изучении возникновения такого рода легенд можно заметить ряд закономерностей. В них речь всегда идет об удаленных природных ресурсах. Сверхизобильными являются или ресурсы далеких труднодоступных территорий, или природные богатства давно и невозвратно прошедших времен, или, что чаще всего – ресурсы, на которых основана иная культура, чем та, к которой принадлежит наблюдатель и информатор,



сообщающий легендарные сведения. Именно в этом, как кажется, находится ключ к данной проблеме.

При изучении истории бытования легенды о семужных богатствах можно прийти к выводу о том, что в ее основе лежат сообщения иностранцев, приезжавших в Россию в XVI–XVIII вв. В своих мемуарах они описывают Россию, как страну изобильную, но дурно управляемую. России приписывается невероятное плодородие земель, наличие невиданных растений и животных. Известия об изобилии рыбы можно рассматривать именно в этом контексте – как создание определенной конструкции, характерной для восприятия иной цивилизации.

Вместе с европейской культурой образованная часть русского общества усвоила и европейские иллюзии относительно природных богатств России. В XIX в. сообщения иностранцев служили одним из базовых источников сведений о России двухвековой давности, поскольку изучение громадной массы собственно русских документов этого периода только начиналось. В итоге представления о природном изобилии России XVII–XVIII вв. попали в научную литературу, и далее уже стали бытовать как часть научного нарратива.

Таким образом, при изучении сведений о наличии и изобильности того или иного природного ресурса непременно следует обращать внимание на особенности исторического источника, из которого получены данные. История семужных ловель Русского Севера не является исключением. Только критический анализ источников может дать ответ на вопрос о том, насколько надежны наши представления о динамике промыслов семги и изменении численности ее популяции.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ КАРДИОАКТИВНОСТИ БЕЛОМОРСКИХ МОЛЛЮСКОВ *MYTILUS EDULIS* LINNAEUS И *LITTORINA LITTOREA* (LINNAEUS) КАК БИОМАРКЕРЫ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

**Т.В. Кузнецова, С.В. Холодкевич, А.С. Куракин, Е.Л. Корниенко,  
Иванов**

С.-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН,  
e-mail: kuznetsova\_tv@bk.ru

Изучение кардиоактивности беломорских мидий *Mytilus edulis* L. проводится в лаборатории биоэлектронных методов геоэкологического мониторинга СПб НИЦЭБ РАН с 2002 года (Kholodkevich et al., 2003). Применяемый неинвазивный лазерный волоконно-оптический метод регистрации кардиоактивности бентосных беспозвоночных (Холодкевич и др., 2006) и оригинальное программное обеспечение позволили значительно улучшить методику регистрации и обработки данных по активности кардиосистемы бентосных беспозвоночных (ракообразных и моллюсков).

В данной работе изучали основные хронотропные характеристики кардиоактивности беломорских мидий в условиях их длительного аквариумного содержания (соленость 23–25‰, постоянная температура +10°C, естественный режим освещения, режим кормления 2 раза в неделю). В качестве корма использовали только что вылупившихся особей *Artemia salina* и сухой фитопланктонный корм). Для анализа вариабельности сердечного ритма использовали специальный метод анализа хронотропной активности сердца – метод вариационной пульсометрии (Баевский, Берсенева, 1997), адаптированный для бентосных беспозвоночных (Kholodkevich et al., 2008). Метод позволяет оценивать вариабельность сердечного ритма животного в выбранной исследователем выборке кардиоинтервалов и связать эти изменения с деятельностью определенных систем организма, контролирующей работу кардиосистемы.

В экспериментальных исследованиях было показано, что частота сердечных сокращений (ЧСС) мидий в перечисленных выше условиях аквариумного содержания может варьировать в широких пределах. При активной фильтрации ЧСС для одной и той же возрастной (3–4 года) группы мидий ( $n=6$ ) обычно колебалась в некоторых пределах, но обычно не превышала 19–23 уд/мин. В активности сердца отмечали периоды временного очень резкого снижения активности сердца (при закрытых створках), которые некоторыми авторами рассматриваются как «остановки сердца» или *arrest* (Vakhmet, Khalaman, Berger, 2005). Однако на основании собственных исследований при одновременной регистрации движений створок и кардиоактивности нами отмечено, что даже при длительном закрытом состоянии у мидий все же наблюдаются низкоамплитудные сокращения сердца со средней частотой около 5–7 уд/мин.

Для мидий характерен значительный индивидуальный разброс значений фоновых ЧСС. Так при постоянной температуре и остальных условиях содержания при одновременной регистрации кардиоактивности нескольких моллюсков их фоновые значения ЧСС у разных особей могли колебаться от 4.5–6 уд/мин до 15–16 уд/мин. Наличие таких значительных индивидуальных различий продиктовало нам необходимость предварительного отбора животных и формирования из них групп с однородными определенными лимитированными характеристиками кардиоактивности (средней ЧСС за период наблюдения, среднеквадратичного отклонения в выборке кардиоинтервалов и

стресс-индекса). Для проведения такого отбора нами предложена процедура тестирования, разработанная нами на основе тест-стимулов (стандартного изменения солености в пределах толерантности исследуемого вида животных, температуры и механической стимуляции).

В лабораторных экспериментах, проведенных еще в 2006 году с изменением солености, на беломорских мидиях нами показана быстрая реакция кардиосистемы при таком воздействии. В частности, быстрое, но незначительное для данного вида моллюсков, изменение солености с 25‰ до 22‰ вызывало начальную тахикардическую реакцию, продолжающуюся до 15 мин. Начальная ЧСС в этом случае для группы мидий возрастала в среднем в 2.3 раза, а стресс-индекс, характеризующий вариабельность ритма сердца, у отдельных особей – в 4 раза. В последующий период времени при измененной солености ЧСС постепенно (в течение 1 ч) возвращалась к исходным значениям. Нами предложено использовать изменение солености в качестве стандартного тест-стимула при отборе животных с целью формирования референтных групп организмов для последующих токсикологических исследований.

При изучении влияния медного купороса на кардиоактивность мидий показано, что поведенческая реакция – закрытие створок, и ответная реакция кардиосистемы моллюска – изменение ЧСС, возникают уже через 5–7 мин воздействия при низких концентрациях меди (от 2 ПДК меди). Через 10 мин воздействия створки у всех мидий были закрыты, и ЧСС несколько понижалась (на 15%).

В условиях стационарного лабораторного содержания в кардиоактивности беломорской мидии удалось выявить несколько ритмов ультрадианного диапазона (6–10 мин, 30–40 мин, 110–120 мин). Наличие таких ритмов необходимо учитывать при создании алгоритмов срабатывания биосенсорных систем, оповещающих об изменении качества среды по изменению хронотропных характеристик работы сердца моллюсков-биосенсоров.

Показано, что в условиях аквариумного содержания с искусственной морской водой у беломорских мидий естественный приливно-отливный ритм в движении створок достаточно быстро нивелируется. Увеличиваются периоды аддукции створок и длительного пребывания мидий в закрытом состоянии. Этот процесс начинает активно развиваться уже на 3–4 сутки искусственного содержания мидий. В этот же период начинают отмечаться и некоторые изменения в кардиоактивности мидий.

Результаты анализа суточной динамики движения створок и особенностей ритмической активности сердца мидий обеспечивают большую объективность при оценке функциональных адаптаций к изменениям условий окружающей среды, а также при использовании этих характеристик как биомаркеров состояния среды обитания. Эти показатели, взаимно дополняя друг друга, могут активно использоваться как биомаркеры при действии химических стрессоров различного происхождения.

Проведены исследования фоновой кардиоактивности беломорских литорин. При стационарных условиях содержания при двух температурных режимах (+11°C и +16°C) отмечены достаточно большие различия в фоновых значениях ЧСС у отдельных особей. Показана температурная зависимость ЧСС у этих моллюсков. Наблюдаемый диапазон изменения значений ЧСС литорин (при +11°C) был от 15 до 23.8 уд/мин при значительной вариабельности ритма активности сердца. Несмотря на небольшие размеры этих гастропод (до 2 см) разработанный в лаборатории метод регистрации позволяет изучать особенности их кардиоактивности как в естественных условиях обитания, так и в лабораторных экспериментах, что открывает новые возможности использования биомаркеров функционального состояния беломорских моллюсков в экотоксикологических экспериментах и биомониторинге качества поверхностных вод в реальном времени.

## ЗООПЛАНКТОН БЕЛОГО МОРЯ

И.П. Кутчева

Зоологический институт РАН, С.-Петербург, e-mail tena.83@mail.ru

В одной из последних сводок, суммирующих данные по видовому разнообразию (List of species..., 2001) свободноживущих беспозвоночных евразийских морей и прилежащих глубоководных частей Арктики, для Белого моря отмечено 1817 видов. Из них к планктонным организмам можно отнести 251 вид (включая всех Harpacticoida). Из ранее опубликованного списка Н.М. Перцовой и Р.В. Прыгунковой (1995) еще 10 видов не указаны для Белого моря.

Совсем не отмечены аппендикулярии, *Fritillaria borealis*, *Oikopleura vanhoeffeni*, *Oikopleura labradoriensis*, из которых первые две в массе встречаются в Белом море. Вид *O. vanhoeffeni* в новом списке отсутствует вообще. Нет в данной сводке для Белого моря и массового вида гидомедузы *Aeginopsis laurentii*, а также *Euphysa tentaculata*. Приводятся 5 видов Chaetognatha (*Eucrohnia hamata*, *Parasagitta elegans*, *P. arctica*, *P. melanognatha*, *Sagitta glacialis*). Однако исследователями, работающими на Белом море, отмечается только один вид — *Parasagitta elegans*. Из копепод не указаны 2 вида Cyclopoidea и 1 вид Monstrilloidea (Перцова, Прыгункова, 1995). В списке Harpacticoida всего 110 видов. Следует учитывать, что истинно планктонных гарпактицид гораздо меньше. Ранее указывались только два вида (Перцова, Прыгункова, 1995): *Microsetella norvegica*, массовый вид, и *Parathalestris cronii*, заносимый течениями из Баренцева моря. В списке видов для Белого моря последний не отмечен, а указан *P. intermedia* и *P. jacksoni* (List of species..., 2001).

Поскольку в Белом море редкие виды не образуют массовых скоплений, то ряд авторов считает, что Белое море является для них областью стерильного выселения (Перцова, Прыгункова, 1995). Такие виды являются индикаторами баренцевоморских вод. Прежде всего, это касается копеподы *Calanus finmarchicus* (Яшнов, 1966). Однако по современным данным это не такой уж редкий вид в Белом море. Его присутствие определяется характером водообмена с Баренцевым морем. *C. finmarchicus* отмечен в больших количествах глубже 25 м летом 1988 г. в Двинском заливе (Трошков, 1990), а в Горле у северной границы он более многочислен, чем *Calanus glacialis* (Трошков, 1998). В Онежском заливе отмечены (Эпштейн, 1957) копеподы *Acartia tonsa* и *Tisbe finmarchica*. В Унской губе Двинского залива С.А. Слонова в 1987 г. определила *Acartia clausi* как самый массовый вид (Слонова, 1990). В Воронке встречается аппендикулярия *Oikopleura labradoriensis*, гидромедуза *Tubularia prolifera* в Мезенском заливе и Горле (Перцова, Прыгункова, 1995). В зимнее время (ноябрь–декабрь) под Терским берегом встречаются баренцевоморские виды *Pleuromamma robusta*, *Microcalanus pygmaeus*, а также большое количество *C. finmarchicus* в Восточной Соловецкой Салме (Трошков, 1992). На декадной станции Д-1 в 2009 г. в пробе от 10 октября впервые для этого района обнаружена взрослая самка *M. pygmaeus*.

Ранее Н.М. Перцова и Р.В. Прыгункова (1995) указывали 142 вида (таблица). Они включили только 15 видов гарпактицид из 46, указанных в сводке Л.Л. Численко (1967), отметив, что только две являются истинно планктонными организмами. Также они придерживались классических работ по видовому составу тинтиннид, хотя И.В. Бурковский с соавторами (1974) из 44 видов тинтиннид 27 свел в синонимы и описал 3 новых вида, в конечном итоге указав для Белого моря 20 видов. В новом списке их количество увеличилось.

В целом для Белого моря можно указать еще 14 известных видов, не вошедших в последнюю сводку: *Helicostomella subulata*, *Aeginopsis laurentii*, *Euphysa tentaculata*, *Tubularia prolifer*, *Fritillaria borealis*, *Oikopleura vanhoeffeni*, *Oikopleura labradoriensis*, *Pleuromamma robusta*, *Microcalanus pygmaeus*, *Acartia tonsa*, *Acartia clausi*, *Cyclopina* sp., *Eurite longicauda*, *Monstrillidae* gen. sp.

Следует также отметить, что по последней ревизии копепод (Boxshall, Halsey, 2004) *Oncaea borealis* вновь отнесена к Cyclopoida.

Таблица

Состав зоопланктона Белого моря.

Группа	Число видов	
	Перцова, Прыгункова, 1995	List of species, 2001
Ciliophora	55	68
Hydroidea	19	16
Scyphozoa	2	2
Cladocera	3	4
Calanoida	15	16
Haracticoida	15 (реально 2)	110 (реально 3?)
Cyclopoida	4	1
Poecilostomatoida	0	1
Monstrilloida	1	0
Euphausiidacea	2	2
Mysidacea	5	6
Hyperiididae	5	5
Chaetognatha	1	5
Appendicularia	3	0
Pteropoda	2	3
Ctenophora	5	6
Rotifera	5	6
Итого	142 (129)	251 (144)

## К ВОПРОСУ О ВИДОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ МОЛЛЮСКОВ РОДА *HIATELLA* В БЕЛОМ МОРЕ

П.А. Лезин, Л.П. Флячинская, В.В. Халаман

Зоологический институт РАН, С.-Петербург, e-mail: kartesh@gmail.com

Двустворчатые моллюски рода *Hiatella* широко распространены в морях северного полушария. В составе рода в акваториях Северной Атлантики выделяют, как правило, два вида – *H. arctica* и *H. gallicana*. В морях севера России, по мнению большинства отечественных малакологов, род *Hiatella* представлен только видом *H. arctica* (Горбунов, 1952; Скарлато, 1981). Тем не менее, в 1998 году в Баренцевом море были описаны личинки и молодь *H. gallicana* (Манушин, 1998). Позже, на основании ряда косвенных признаков, А.Д. Наумов (2006) выделяет в Белом море вид *H. pholadis*.

Целью данной работы является уточнение видового состава рода *Hiatella* в Белом море. Учитывая тот факт, что видовые различия хиателл проявляются практически только на поздних личиночных и ранних ювенильных стадиях (Lebour, 1938; Jørgensen, 1946; Rees, 1950; Abbott, 1955; Ockelmann, 1958; Yonge, 1971; Simone, Penchaszadeh, 2008), основное внимание было сконцентрировано на личиночных и ювенильных стадиях развития моллюсков.

Работа выполнена в период 2007–2009 гг. на Беломорской биологической станции ЗИН РАН (Кандалакшский залив Белого моря). Личиночный материал получали при помощи стандартной планктонной сети в акватории биостанции. Осевших моллюсков и молодь добывали с помощью драгировок и легководолазным методом. Для обработки материала использованы методики световой микроскопии и цифровой обработки изображений (Флячинская, Лезин, 2008).

Личинки хиателл на разных стадиях развития встречаются в планктоне с августа по октябрь. Морфология исследованных личинок на ранних стадиях развития соответствовала описанной ранее для *H. arctica* (Флячинская, Лезин, 2008). Однако при достижении хиателлами стадии педивелигера (300–320 мкм), отчетливо выделяются два типа личинок.

Для педивелигеров первого типа характерна треугольно-округлая форма раковины. Передний конец заострен и направлен строго вперед, задний край раковины округлый. Плечи раковины круто спадают вниз, макушка отчетливо выражена. Форма и морфология личиночной раковины соответствует классическим описаниям велигера *H. arctica* (Lebour, 1938; Jørgensen, 1946; Booth, 1983; Касьянов и др., 1983).

Для второго типа характерна более прогонистая, вытянутая раковина. Передний конец заострен и направлен слегка вверх, задний край раковины обрублен. Плечи раковины пологие, макушка отграничена. Форма и морфология личиночной раковины соответствует описаниям велигера *H. rugosa* (= *gallicana*) (Lebour, 1938; Jørgensen, 1946).

Личинки второго типа присутствуют в планктоне с июня по ноябрь. Единичные особи первого типа начинают встречаться в середине августа, максимальной численности достигают в конце сентября. Размер, при котором личинки приступают к метаморфозу, также различен. Личинки первого типа проходят метаморфоз при длине раковины 360 мкм, второго типа – 380 мкм.

В течение летнего сезона отмечается два пика оседания моллюсков. Первый пик наблюдается в первой половине августа. Оседание происходит на разные субстраты на глубинах 0–5 м. Второй пик оседания отмечен в первой половине сентября. Осевшие моллюски концентрируются на заиленных субстратах на глубинах от 2 м.

Различия в морфологии раковин хиателл прослеживаются и после того как животные прошли метаморфоз. Большинство осевших в августе моллюсков, находящихся на ранних стадиях постметаморфозного роста, соответствует педивелигерам первого типа. При дальнейшем росте дефинитивной раковины у осевших в августе хиателл формируются два отчетливо выраженных гребня – по верхнему краю и по боковой поверхности раковины. На верхнем гребне сразу после метаморфоза начинает формироваться ряд хорошо заметных игловидных шипов. Сходная структура на боковом гребне образуется по достижении моллюском размера 400–700 мкм. Наличие гребней с шипами на ранних стадиях развития является видовым признаком *H. arctica* (Jeffreys, 1869; Lebour, 1938; Hunter, 1949).

Большинство осевших в сентябре хиателл характеризуются соответствием личиночной раковины форме педивелигера второго типа. При развитии дефинитивной раковины также формируется верхний гребень, однако слабо выраженный. В редких случаях на верхнем гребне может формироваться несколько малозаметных бугорков. Боковой гребень формируется в крайне редких случаях и никогда не несет дополнительных структур. Подобная морфология раковины полностью соответствует описанию молодежи *H. gallicana*, приведенному в литературе (Lebour, 1938; Hunter, 1949).

Таким образом, показано существование в Белом море двух морфологически различных форм *Hiatella*. Особенности строения личиночной и ювенильной раковины этих моллюсков позволяют определить их как *H. arctica* и *H. gallicana*. Ранее, А.Д. Наумов (2006) определил молодежь некоторых хиателл в Белом море как *H. pholadis*, используя видовое название *pholadis* как более приоритетный синоним *gallicana*. Такое определение нам представляется не вполне корректным, поскольку ряд исследователей продолжают рассматривать *H. pholadis* и *H. gallicana* в качестве отдельных видов (Ockelmann, 1958; Yonge, 1971; Oldroyd, 1978). Для решения вопроса о видовом составе рода *Hiatella*, на наш взгляд, необходимо привлечение молекулярно-генетических методов исследования.

Исследования выполнены при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (07-04-00854-а).

## ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗООПЛАНКТНОМ БЕЛОГО МОРЯ

Г.А. Леонова, В.А. Бобров

Институт геологии и минералогии СО РАН, e-mail: leonova@uiggm.nsc.ru

Материалом для работы послужили пробы зоопланктона, собранные стандартной сетью Джеди в поверхностном слое воды (0–10 м) трех заливов Белого моря в сентябре 2002 г. на НИС «Эколог». Ночные сетные ловы в Кандалакшском (ст. 3а, 58) и Двинском (ст. 76, 78) заливах дали возможность получить практически чистый от минеральной (терригенной) взвеси малозольный (20–29%) глубинный зоопланктон, поднимающийся в ночное время суток в поверхностные слои воды. Образцы, полученные в Онежском заливе (ст. 1а, 64, 66) в дневное время суток, представляли смесь планктона, детрита и минеральной взвеси (сестон), о чем свидетельствует высокая зольность проб – 48–57% (таблица). Изучение микроморфологии и вещественного состава образцов зоопланктона Белого моря проводили с применением сканирующего электронного микроскопа РЭМ-РМА «Leo 1430VP» (оператор С.В. Летов, ИГМ СО РАН). Встроенный в электронный микроскоп полупроводниковый детектор регистрирует рентгеновское излучение химических элементов в диапазоне 0.2–10 кэВ. Данные РЭМ-РМА дают нам основание утверждать, что зольность образцов зоопланктона глубоководных заливов Белого моря (ст. 3а, 58, 76, 78) обусловлена в основном конституционными элементами Р, S, Са, К скелетных и покровных тканей планктонных организмов (Леонова и др., 2008; 2009). Результаты нейтронно-активационного и рентгенофлуоресцентного анализов также свидетельствуют о крайне малом содержании терригенного материала (редкоземельных элементов, Sc и Zr) в живом веществе планктона Белого моря (Леонова и др., 2006; Bobrov et al., 2005).

В таблице представлены количественные данные по содержанию 42 химических элементов, в том числе лантаноидам, в образцах зоопланктона Белого моря. Эти результаты уникальны, поскольку измерения делались *из параллельных навесок единой гомогенизированной пробы каждого планктонного образца* с последующим тщательным анализом и отбором методически достоверных аналитических данных.

Концентрационную функцию зоопланктона, как живого объекта, отличающего его от донных осадков, оценивали с помощью коэффициентов обогащения ( $EF$ ) путем нормирования химических составов исследуемых объектов на содержание опорного элемента, нейтрального к биохимическим процессам, например Sc. Коэффициенты  $EF$  рассчитаны по формуле (Shotyk et al., 1966):

$$EF = (C_{x_i}/C_{x_{Sc}})_{\text{образец}} / (C_{x_i}/C_{x_{Sc}})_{\text{shale}}$$

где  $(C_{x_i})_{\text{образец}}$  – содержание химического элемента в объекте исследования;  $C_{x_{Sc}} \text{ образец}$  – содержание скандия в объекте исследования;  $C_{x_i \text{ shale}}$  – содержание химического элемента в глинистом сланце (shale по Li Yuan-hui, 1991);  $C_{x_{Sc} \text{ shale}}$  – содержание скандия в сланце (Li Yuan-hui, 1991).

Выявлены *общие закономерности обогащения* зоопланктона Белого моря и зоопланктона пресноводных водоемов Сибири на основе сравнительного анализа их коэффициентов обогащения  $EF$  (рис.):

– в большей степени зоопланктон обогащен халькофильными элементами (Hg, Cd, Pb, Sb, Zn), находящимися в водном растворе преимущественно в подвижных растворенных формах (Богущ, Леонова, 2007);



Элементный состав зоопланктона и сестона Белого моря  
и океанического планктона (Li Yuan-hui, 1991), мкг/г (или %) в сухой массе

Элементы	Станции в Белом море						Океанический планктон	
	Кандалакшский залив (зоопланктон)		Двинский залив (зоопланктон)		Онежский залив (сестон)			
	3а	58	76	78	1а	64		66
зольность, %	28	20	29	20	57	48	49	–
Na, %	6.3	4.4	6.4	4.4	8	6.90	8.80	3.3
K, %	1.3	0.8	1.7	0.9	2.5	1.40	1.18	5.2
Ca, %	0.6	0.4	1.5	1.9	1	1.90	0.93	1.4
Ti, %	0.040	0.008	–	0.006	0.080	0.095	0.060	0.001
Mn, %	0.008	0.005	0.007	0.005	0.064	0.11	0.13	0.002
Fe, %	0.246	0.145	0.16	0.083	1.16	1.27	1.23	0.016
Sc	0.45	0.33	0.26	0.09	3.43	3.82	3.93	0.07
V	3	4	4	4	20	23	20	3.5
Cr	620	106	59	88	93	364	78	1.8
Co	0.85	0.49	0.6	1.5	5.1	6.30	5.90	0.43
Ni	3.5	6	3.6	3.2	10.9	13.4	12.6	1.4
Cu	43	142	33	83	99	83	47	12
Zn	362	366	386	325	284	433	643	39
Ga	1	1	1	1	4	4	4	0.5
As	13	12	17	7	14	16	9	15
Se	0.4	0.5	0.6	0.3	0.6	0.60	0.60	0.063
Br	2000	900	1700	1400	1500	2000	3700	440
Rb	7	6	7	3	30	31	24	1.8
Sr	106	108	129	95	172	215	214	1100
Y	0.1	0.1	1	0.1	4.3	3.5	3	–
Zr	3.6	4.9	4	1.7	35	31	24	0.7
Nb	0.8	0.5	1	0.2	2.4	2.3	1.8	–
Mo	0.2	0.3	0.1	0.1	0.5	0.5	1.0	0.39
Cd	3.2	1.7	2.4	2.4	0.9	1.8	0.4	0.72
Sn	1.2	1.7	3.5	2.9	3.5	1.9	1.2	0.29
Sb	1.8	3.2	0.8	0.3	2.1	3.5	0.9	0.16
I	139	–	70	70	277	318	722	1020
Cs	0.6	0.2	0.1	0.1	1	1.0	0.6	0.072
Ba	28	47	7	6	132	143	103	19
La	1.18	0.8	1.2	0.2	11	12	10	0.14
Ce	2.6	1.9	1.9	0.6	22	21	22	0.23
Nd	–	–	1	0.25	11.4	13	9	–
Sm	0.11	0.16	0.15	0.03	2.12	1.34	1.08	–
Eu	0.034	0.019	0.029	0.012	0.372	0.36	0.39	–
Tb	0.022	0.022	0.016	0.006	0.24	0.24	0.30	–
Yb	0.13	0.09	0.06	0.02	0.51	0.67	(2.95)	–
Lu	0.014	0.012	0.005	0.002	0.08	0.09	(0.49)	–
Hf	0.11	0.08	0.07	0.05	1.1	1.00	0.80	–
Ta	0.06	0.03	0.01	0.01	0.17	0.19	0.15	–
Hg	0.051	0.029	0.028	0.026	0.06	0.05	0.03	0.03
Pb	28.2	18.7	9.1	10.5	10.3	36.4	10	8.7
Th	0.28	0.2	0.29	0.06	3.1	3.1	2.8	0.1

Примечание. Mn, Ni, Cu, Cd, Hg, Pb, Fe, Co, Cr, Zn определены методом ААС (аналитики В.Н. Ильина В.В., Н.В. Андросова); Zn, K, Ca, Ti, V, Ga, As, Y, Zr, Nb, Mo, Sn, I – РФА СИ (аналитики – В.А.Бобров, Ю.П. Колмогоров, М.А. Федорин); Na, Fe, Sc, Cr, Co, Se, Br, Rb, Sr, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Th – ИНАА (аналитики – В.А. Бобров, М.С. Мельгунов); прочерк – отсутствие данных.

– на втором месте стоит группа щелочных и щелочно-земельных элементов, формирующих солевой состав воды Mg, Na, K, Ca, Ba;

– слабее насыщается планктон переходными металлами с переменной валентностью – Mn, Mo, Cr, Co;

– «консервативные элементы» (редкие, РЗЭ) накапливаются планктоном меньше других групп ( $EF$ -коэффициенты близки к 1).

В целом диапазон вариации коэффициентов обогащения  $EF$  в пресноводном и морском планктоне выдерживается в пределах одного порядка, за исключением талассофильных элементов Вг и I, которыми на 1–2 порядка обогащен морской планктон.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 08-05-00392).

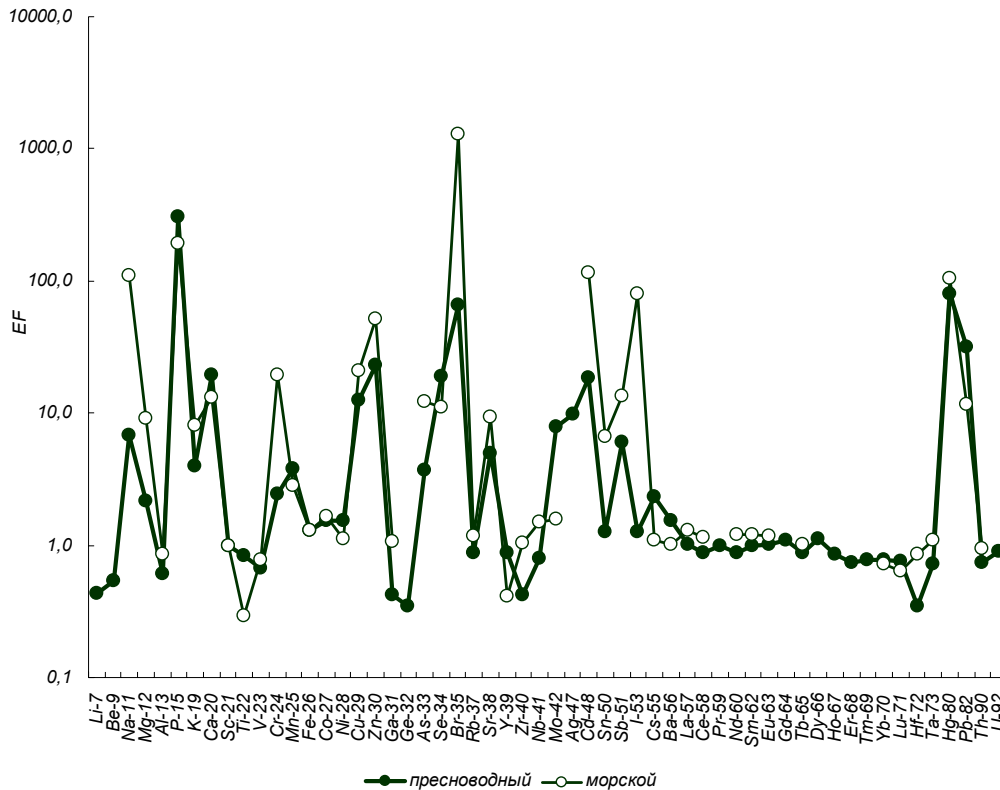


Рис. Сравнение коэффициентов  $EF$  зоопланктона Белого моря и пресноводного зоопланктона водоемов Сибири (нормирование проведено по Sc).

### Список литературы

- Богуш А.А., Леонова Г.А. Формы нахождения химических элементов в неорганической подсистеме поверхностных вод эстуария реки Онега / Геология морей и океанов: материалы XVII Междунар. науч. конф. по морской геологии, Москва, 12–16 ноября 2007. М., 2007. Т. 3. С. 91–94.
- Леонова Г. А., Бобров В.А., Шевченко В.П., Прудковский А.А. Сравнительный анализ микроэлементного состава сестона и донных осадков Белого моря // Доклады РАН. 2006. Т. 406. № 4. С. 516–520.
- Леонова Г.А., Лазарева Е.В., Бобров В.А. Вещественный состав проб планктона по данным электронного сканирующего микроскопа // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. 2008. № 4 (8). С. 84–91.
- Леонова Г.А., Лазарева Е.В., Бобров В.А. Результаты исследования вещественного состава проб морского планктона и галофильного планктона соляных озер на сканирующем электронном микроскопе / Минералогическая интервенция в микро- и наномир: материалы междунар. минералогического симпозиума. – Сыктывкар, 2009. С. 378–381.
- Bobrov V.A., Phedorin M.A., Leonova G.A., Kolmogorov Yu. P. SR XRF element analysis of sea plankton // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 2005. V. 543. P. 259–265.
- Li Yuan-hui. Distribution patterns of the elements in the ocean: A synthesis // Geochim. Et Cosmochem. Acta. 1991. V. 55. P. 3223–3240.
- Shotyk W., Cheburkin A.K., Appleby P.G. et al. Two thousand years of atmospheric arsenic, antimony and lead deposition in an ombrotrophic bog profile, Jura Mountains, Switzerland // Earth and Planetary Science Letter. 1966. V.145. P. 1–7.

## **ФИТОПЛАНКТОН ЗАЛИВОВ БЕЛОГО МОРЯ В 2001–2008 ГГ.**

### **И.Ю. Македонская**

Северный филиал ПИНРО, Архангельск, e-mail: makedonskaja @sevpinro.ru

В 2001–2008 годах были проведены наблюдения за фитопланктоном Двинского и Онежского заливов Белого моря. Цель наших исследований – проследить сезонные и межгодовые изменения качественных и количественных характеристик фитопланктона данного района.

С поверхностного горизонта вышеуказанных заливов в весенний, летний и осенний сезоны были собраны и обработаны по общепринятым методикам 204 пробы на качественный и количественный состав и 240 проб на пигментный состав фитопланктона. Общая биомасса фитопланктона вычислялась по количеству хлорофилла *a*.

В течение вегетационного периода численность, биомасса и комплекс видов фитопланктона подвергались значительным колебаниям. В весенних пробах фитопланктона, отобранных в четвертой декаде мая, численность микроводорослей колебалась: в Двинском заливе – от 3645 кл./л в 2002 г. до 77150 кл./л в 2007 г., в Онежском заливе – от 2360 кл./л в 2005 г. до 10515 кл./л в 2003 г. Биомасса также изменялась довольно сильно: в Двинском заливе – от 408 мкг/л в 2005 г. до 1296 мкг/л в 2001 г., в Онежском заливе – от 261 мкг/л в 2007 г. до 775 мкг/л в 2001 г. Фитопланктон в это время был довольно богат и разнообразен. Характерная особенность – различное количество определенных таксонов в разные годы: в Двинском заливе – от 21 в 2008 г. до 50 в 2003 г., в Онежском заливе – от 16 в 2001 г. до 42 в 2003 г.

В летний сезон (август) численность микроводорослей изменялась в большом интервале: в Двинском заливе – от 2007 кл./л в 2004 г. до 24570 кл./л в 2005 г., в Онежском заливе – от 2137 кл./л в 2001 г. до 20160 кл./л в 2005 г. Аналогичная ситуация и с биомассой фитопланктона: в Двинском заливе – минимальные значения определены в 2004 году – 132 мкг/л, а максимальные – в 2008 году – 884 мкг/л., в Онежском заливе – минимальные значения (166 мкг/л) – в 2004 г., а максимальные (507 мкг/л) – в 2002 г. Всего за время исследований в летний период был обнаружен 61 таксон микроводорослей в Двинском заливе и 109 – в Онежском. Состав преобладающих водорослей изменялся в разные годы, причем в значительной степени. Следует отметить, что летом динофитовые водоросли среди доминант встречаются не так часто.

Пробы для анализа осеннего фитопланктона были отобраны в октябре – ноябре. Биомасса микроводорослей колебалась в довольно широком диапазоне: в Двинском заливе – от 56 мкг/л в 2007 г. до 227 мкг/л в 2003 г., в Онежском заливе – от 52 мкг/л в 2007 г. до 175 мкг/л в 2006 г. Численность была: в Двинском заливе – максимальная в 2008 г. – 6800 кл./л, а минимальная оказалась в 2003 г. – 770 кл./л., в Онежском заливе – максимальная в 2007 г. – 2250 кл./л, а минимальная (351 кл./л) – в 2003 г. Видовое разнообразие фитопланктона также варьировало: в Двинском заливе – от 13 таксонов в 2007 г. до 50 в 2003 г., в Онежском заливе – от 19 таксонов в 2007 г. до 32 в 2004 г.

Средние значения биомассы фитопланктон в Двинском и Онежском заливах распределялись от максимальных значений в весенний период и до минимальных – осенью (рис.). Численность микроводорослей распределялась аналогичным образом.

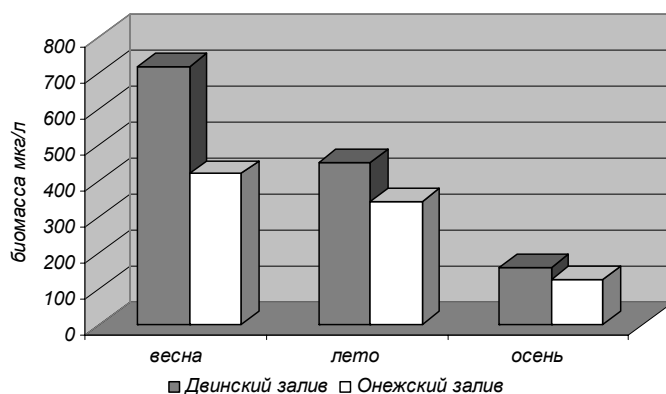


Рис. Сезонные колебания биомассы фитопланктона Двинского и Онежского заливов Белого моря в 2001–2008 гг. (средние значения за 8 лет).

Количество пигментов фитопланктона – хлорофилла *a*, хлорофилла *b*, хлорофилла *c* и каротиноидов – также заметно колебалось по сезонам и годам. Неизменным оставалось лишь их соотношение: максимум хлорофилла *a* (1.800–0.406 мкг/л в Двинском заливе и 1.053–0.555 мкг/л в Онежском заливе), минимум хлорофилла *b* (0.672–0.170 мкг/л в Двинском заливе и 0.366–0.183 мкг/л в Онежском заливе), хлорофилла *c* всегда больше хлорофилла *b* (1.066–0.292 мкг/л в Двинском заливе и 0.625–0.252 мкг/л в Онежском заливе), но меньше хлорофилла *a*. Количество каротиноидов обычно находилось на уровне суммы всех хлорофиллов.

В Двинском заливе в течение года средние значения каротиноидов изменялись в пределах 3.546–0.869 мкг/л, а сумма всех хлорофиллов – в пределах 3.538–0.875 мкг/л. В Онежском заливе за этот же время средние значения каротиноидов изменялись в пределах 2.047–0.722 мкг/л, а сумма всех хлорофиллов – в пределах 2.043–0.745 мкг/л. Средние летние значения хлорофилла *a* (0.984 мкг/л в Двинском заливе и 0.854 мкг/л в Онежском заливе) характеризуют воды данных заливов как мезотрофные.

За все годы и сезоны исследований было обнаружено микроводоросли из 8 отделов в Двинском заливе и из 7 отделов в Онежском заливе (таблица).

Таблица

Сезонные колебания числа таксонов основных систематических отделов фитопланктона в Двинском и Онежском заливах в 2001–2008 гг.

Сезон	Отделы								Всего
	Bacillariophyta	Dinophyta	Chlorophyta	Chrysophyta	Cryptophyta	Euglenophyta	Cyanophyta	Xanthophyta	
Двинский залив									
Весна	60	10	17	4	1	1	7	2	102
Лето	61	26	13	6	1	1	9	1	118
Осень	71	13	10	2	1	1	6	–	104
Онежский залив									
Весна	63	8	6	3	1	1	3	–	85
Лето	109	18	13	3	1	1	6	–	151
Осень	53	5	8	1	1	1	2	–	41

Наиболее широко были представлены диатомовые водоросли, они и доминировали во все годы, хотя их видовой состав мог несколько варьировать.

Проведенные исследования показали, что сезонные изменения фитопланктона в Двинском и Онежском заливах Белого моря в разные годы имели отличия в качественном и в количественном составе в зависимости от изменения гидрологического и гидрохимического режима вод заливов, а также климатических условий данного района.

Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 108–

## МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *FUCUS DISTICHUS* LINNAEUS КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

**С.С. Малавенда**

Мурманский государственный технический университет, Мурманск, e-mail: msergmstu@yandex.ru

Макроводоросли как неподвижные автотрофные организмы в ответ на внешнее воздействие, включая загрязнение, реагируют морфофизиологическими изменениями на разных уровнях организации – от организменного до популяционного (Малавенда, 2009). Вопросы адаптации литоральных водорослей к факторам среды остаются малоизученными. Из фукусовых водорослей фукус двусторонний – *Fucus distichus* наименее изучен.

В Белом море данный вид не является доминирующим, он не образует крупный скоплений, обитает на нижнем горизонте литорали и на сублиторали. Для *F. distichus* Белое море является самой юго-западной границей ареала обитания. Среди фукоидов это самый полиморфный вид, известно несколько морфологических форм (Петров, 1965, 1971), ранее которые рассматривались как самостоятельные виды.

Цель работы: исследовать изменчивость морфологических параметров годовых приростов *Fucus distichus* Белого моря в градиенте интенсивности движения воды.

Исследование проводили на ББС мыс Картеш ЗИН РАН. Пробы водорослей отбирались полигонным методом в различных частях бухты Левая губы Чупа и губы Медвежья. Для исследования отбирали взрослые растения с 7–9 дихотомическими ветвлениями, у которых отсекались годовые приросты (два последних ветвления) ( $n=10$  на каждом растении). Измеряли длину ( $L$ , см), массу ( $W$ , г) и площадь поверхности ( $S$ , см<sup>2</sup>), определяли удельную поверхность ( $S/W$ , см<sup>2</sup>/г) и удельную длину ( $L/W$ , см/г). Каждый годовой прирост разрезали вдоль жилки на левую и правую части. Измеряли длину ( $L$ , см), массу ( $W$ , г) и площадь поверхности ( $S$ , см<sup>2</sup>) каждой половинки, затем рассчитывали коэффициент асимметрии по массе, длине и площади поверхности ветвей по формуле Захарова (Zakharov, 1989; Palmer, 1994). Всего проанализировано около 240 годовых приростов. В качестве показателя погрешности использовали доверительный интервал ( $\Delta$ ) при 95%-ном уровне значимости. На каждой точке отбора проб определяли соленость с помощью рефрактометра, и интенсивность движения воды (ИДВ) методом гипсовых шаров Мусса (Muus, 1968; Doty, 1971; Хайлов и др., 1988, 1992). Для определения сопряженности морфологических показателей проводили корреляционный анализ, при котором определяли связи между исследуемыми параметрами. Корреляционные матрицы анализировали по коэффициентам детерминации ( $R_m^2$ ), вычисляемым как среднее значение квадратов коэффициентов корреляции по матрице, и характеризующим степень общей сопряженности изменений и силы связей:  $R_m^2 = \Sigma r^2 / n$ , где  $\Sigma r^2$  – сумма квадратов коэффициентов корреляции в матрице,  $n$  – количество членов матрицы. Коэффициент детерминации позволяет оценивать пластичность растений по отношению к факторам среды (Ростова, 2002).

В результате получено, что все абсолютные морфологические параметры, незначительно увеличивается с уменьшением ИДВ (таблица). В отличие от фукусов, обитающих в Баренцевом море, где с увеличением ИДВ увеличиваются линейные размеры талломов (Малавенда, 2009).

Морфологические параметры годовых приростов *F. distichus*

Места отбора проб	Абсолютные морфологические параметры						ИДВ, 10 <sup>-3</sup> мг CaSO <sub>4</sub> /г×ч
	<i>L</i>	$\Delta$	<i>W</i>	$\Delta$	<i>S</i>	$\Delta$	
Устье г. Медвежья	3.1	0.17	0.07	0.007	2.8	0.53	15
Устье б. Левая	3.0	0.17	0.05	0.005	2.3	0.22	14
Середина б. Левая	3.9	0.22	0.12	0.010	4.0	0.34	13
Кут б. Левая	3.4	0.17	0.10	0.010	3.3	0.29	12
	Относительные морфологические параметры						
	<i>L/W</i>	<i>S/W</i>	<i>Ka</i>	<i>R</i>			
Устье г. Медвежья	56.1	39.5	0.08	0.43		15	
Устье б. Левая	60.4	42.7	0.03	0.53		14	
Середина б. Левая	33.8	34.1	0.02	0.56		13	
Кут б. Левая	34.0	31.2	0.06	0.65		12	

В Белом море, по-видимому, для *F. distichus*, наибольшее значение имеет концентрация биогенных элементов в воде, а не скорость общего обмена водорослей с окружающей средой, о чем свидетельствует снижение удельной поверхности и удельной длины которые характеризуют интенсивность физиологических процессов (Хайлов, Парчевский, 1983; Хайлов и др., 1992).

В целом все морфологические параметры годовых приростов *F. distichus* ниже в 2–2.5 раза по сравнению с водорослями Баренцева моря, что связано с более низкой соленостью, особенностями температурного и ледового режима Белого моря.

Флуктуирующая асимметрия вызваны нестабильностью развития, – невозможностью организма продуцировать идеально симметричную форму внутри некоторой среды. Коэффициенты асимметрии отражают как фенотипическую так генетическую изменчивость. (Jones 1987; Zakharov 1989). Коэффициент асимметрии и детерминации являются показателями изменчивости и указывают на снижение или увеличение пластичности организма, а также могут являться показателями адаптационных процессов (Малавенда, 2009). Коэффициент асимметрии годовых приростов увеличивается при повышении ИДВ, что обусловлено механическим воздействием на водоросли волновой прибойной активности. У растений, обитающих в кутовой части бухты Левая, коэффициент асимметрии резко возрастает, что указывает на нестабильность их развития, вследствие воздействия комплекса неблагоприятных факторов среды.

Анализ сопряженности изменений морфологических параметров годовых приростов показал увеличение коэффициента детерминации с понижением интенсивности движения воды, что говорит об усилении взаимозависимости исследуемых морфологических показателей и, как следствие, о снижении пластичности водорослей.

В целом условия Белого моря по отношению к *F. distichus* являются более жесткими, что ограничивает его распространение, подавляет ростовые процессы, снижает способность конкурировать с более толерантными видами фукусовых водорослей.

## СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИЙ БОРЕАЛЬНЫХ КОПЕПОД В БЕЛОМ МОРЕ: ПОИСК ЛИМИТИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ

Д.М. Мартынова

Зоологический институт РАН, С. Петербург e-mail: daria.martynova@gmail.com

### Введение

Белое море – субарктический водоем, совмещающий арктические и бореальные черты, которые накладывают отпечаток на видовой состав и структуру зоопланктонного сообщества (Berger et al., 2001). Ранее указывалось, что динамика популяций бореальных (тепловодных) видов беломорских копепод, *Acartia* spp., *Centropages hamatus* и *Temora longicornis*, напрямую зависит от степени прогрева верхних слоев воды, в которых эти виды обитают в течение летнего сезона (Прыгункова, 1974). Однако, в морях умеренных широт (Балтийское, Северное) популяции тех же видов копепод существуют круглогодично, даже при условии, что температура воды в зимний период может опускаться до значений, близких к 0°C (Devreker et al. 2005; Wesche et al. 2007).

Исследования сезонной динамики популяций тепловодных видов беломорских копепод проводили параллельно с наблюдениями за некоторыми абиотическими (температура) и биотическими (концентрация хлорофилла и сестона) параметрами среды. Кроме того, были поставлены эксперименты для оценки основных питания рачков разных возрастных групп в условиях, максимально приближенных к естественным (Мартынова, 2005; Martynova et al., unpublished). В дальнейшем это позволило оценить вклад популяций рачков изучаемых видов в выедание органического вещества (в виде сестона) и выявить возможность лимитирования численности копепод различными факторами (Martynova et al., unpublished).

### Результаты и обсуждение

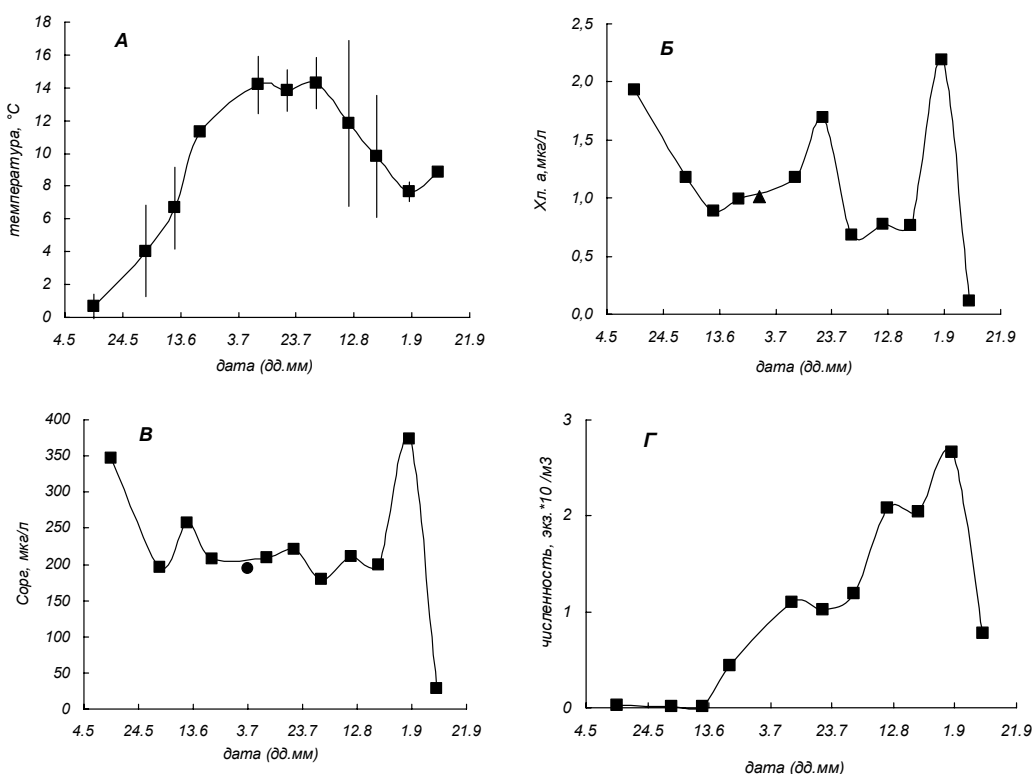
Состав пищи рачков разнообразен и включает как растительную, так и животную пищу. Наибольшее относительное количество потребленной растительной пищи характерно для рачков *Acartia* spp. Характеристики питания рачков *Centropages hamatus* и *Temora longicornis* в целом схожи. Половозрелые особи обоих видов демонстрируют высокое содержание животной пищи в кишечниках. У рачков младших копеподитных стадий остатков зоопланктона обнаружено не было.

Избирательность растительной пищи различна у рачков разных видов и возрастных стадий и зависит от концентрации растительной пищи (в пересчете на хлорофилл *a*). Рачки младших возрастных стадий *Acartia* spp. и *C. hamatus* достоверно потребляют больше растительной пищи, чем половозрелые особи. *T. longicornis* такой зависимости не обнаруживает. Абсолютная скорость потребления пищи в пересчете на органический углерод была достоверно ниже у рачков младших копеподитных стадий ( $0.10 \pm 0.05$  мкг  $C_{орг\text{экз.}}^{-1} \text{ч}^{-1}$ ), чем у половозрелых животных ( $0.59 \pm 0.04$  мкг  $C_{орг\text{экз.}}^{-1} \text{ч}^{-1}$ ) (ANOVA;  $F = 22.45$ ;  $p < 0.001$ ). Скорость потребления пищи не зависела от ее концентрации в пересчете на общий органический углерод ( $R^2 = 0.09$ ;  $F_{1,13} = 1.3$ ,  $p = 0.27$ ). Однако для самок и рачков старших копеподитных стадий этот показатель положительно коррелировал с концентрацией хлорофилла *a*, увеличиваясь по мере увеличения доли растительной пищи в рационе ( $R^2 = 0.88$ ;  $F_{1,13} = 94.9$ ,  $p < 0.001$ ).

Плотность популяции (ПП) рачков и выедание сестона их популяциями имели хорошо выраженную сезонную динамику. Увеличение ПП в мае–июне ассоциировано с увеличением температуры ( $R^2 = 0.70$ ;  $F_{1,9} = 18.47$ ;  $p < 0.01$ ), причем всплеск численности наблюдался после прогревания слоя 0–10 м до +10°C. Относительное выедание сес-

тона популяциями рачков (в пересчете на  $C_{орг}$ ) достигает 50% в августе. Увеличение ПП влечет за собой увеличение относительного выедания сестона ( $R^2 = 0.86$ ;  $F_{1,26} = 166$ ;  $p < 0.001$ ) и фитопланктона, до 70–90% от общей биомассы последнего ( $R^2 = 0.84$ ;  $F_{1,26} = 138$ ;  $p < 0.001$ ).

Обычно изменение численности тепловодных видов копепод в Белом море связывают с сезонным ходом температур (Голиков и др., 1989). Аналогичную картину наблюдают у *Temora* и *Acartia tonsa* в Ла-Манше (Devreker et al. 2005). Тем не менее, данные нашего исследования показывают, что не только температура воды, но и достаточность пищевых ресурсов может быть лимитирующим фактором численности зоопланктона. Широко известно, что лимитирование пищевых ресурсов уменьшает плодовитость копепод (Wesche et al. 2007) и, таким образом, опосредованно влияет на численность следующего поколения. Нами показано, что выедание фитопланктона беломорскими бореальными копеподами может приближаться к 100% (по расчетным данным), и индивидуальные скорости питания в большей степени зависят от концентрации хлорофилла *a*, нежели определяются температурой воды (рис.).



Таким образом, *Acartia*, *Centropages* и *Temora* играют важную роль в трансформации органического вещества в пелагических экосистемах белого моря в безледный период. Их численность регулируется температурой в начале вегетационного сезона и количеством пищи, в большей степени фитопланктона, в течение него.

Исследование поддержано грантами фондов DAAD (MBFOKU2001 №A/2403), Copernicus Foundation (№ ICA2-CT-2000-10053) и Программой РФФИ «Биоресурсы».

#### Список литературы

- Голиков А.Н., Бабков А.И., Прыгункова Р.В. К вопросу о структуре и распределении экосистем Белого моря в зависимости от геоморфологии и гидрологии его участков // Тр. Зоол. Ин-та АН СССР. Изд-во ЗИН АН СССР, 1989. – Л. С. 4–13.
- Мартынова Д.М. Питание некоторых массовых видов тепловодных копепоидных копепод Белого моря // Океанология. 2005. Т. 45. Вып. 2. С. 249–255.
- Прыгункова Р.В. Некоторые особенности сезонного развития зоопланктона губы Чупа Белого моря. / Сезонные явления в жизни Белого и Баренцева морей. 1974. – Л. С. 4–55.
- Berger V., Dahle S., Galaktionov K., et al. White Sea. Ecology and environment. – St.Petersburg–Tromsø. Derzavets Publisher, 2001. 157 p.



- Devreker D., Souissi S., Seuront L. Effects of chlorophyll concentration and temperature variation on the reproduction and survival of *Temora longicornis* (Copepoda, Calanoida) in the Eastern English Channel // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2005. V. 318. P. 145–162.
- Martynova D.M., Bathmann U.V., Sukhotin A.A. Seasonal patterns of copepods *Temora longicornis*, *Centropages hamatus* and *Acartia* spp. abundance, grazing and faecal pellet impact in the White Sea // Polar Biol. subm.
- Wesche A., Wiltshire K.H., Hirche H.J. Overwintering strategies of dominant calanoid copepods in the German Bight, southern North Sea // Mar. Biol. 2007. V. 151 (4). P. 1309–1320.

## ЭКОЛОГИЯ КУМЖИ (*SALMO TRUTTA LINNAEUS*) ПОБЕРЕЖИЙ БЕЛОГО И БАРЕНЦЕВА МОРЕЙ

А.А. Махров<sup>1</sup>, В.С. Артамонова<sup>1</sup>, Д.И. Александров<sup>2</sup>,  
В.А. Широков<sup>3</sup>, И.Л. Щуров<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем экологии и эволюции, e-mail: makhrov12@mail.ru

<sup>2</sup>Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии,  
Мурманск, e-mail: mitja@pinro.ru

<sup>3</sup>Северный НИИ рыбного хозяйства Петрозаводского Государственного Университета,  
e-mail: shirokov@research.karelia.ru

### Введение

В течение XX века был опубликован ряд работ, посвященных питанию кумжи бассейнов Белого и Баренцева морей, ее паразитофауне и хищникам, нападающим на кумжу в пресноводный период жизни (обзор: Махров, 1999). В настоящем сообщении мы остановимся на исследованиях последних лет, посвященных другим особенностям экологии кумжи этого региона.

### Экология кумжи мелких тундровых ручьев

Обычно кумжа населяет водотоки с большим числом убежищ — камней, упавших в воду деревьев, омуты. Однако в бассейне реки Рынды мы встретили кумжу в небольшой канавообразной протоке с очень слабым течением, лишенной каких-либо укрытий, с прозрачной водой. Кумжа в этом водоеме в случае опасности не пыталась затаяться, а активно уходила от преследования, не покидая, однако, определенный участок протоки.

### Взаимоотношения кумжи с другими лососевыми рыбами

Наши наблюдения в бассейнах рек Керети, Рынды и Зимней Золотицы показывают, что молодь кумжи обитает в основном в небольших протоках и ручьях, а молодь семги (*Salmo salar*) — в основном в русле реки. Аналогичные наблюдения проведены в бассейнах рек Варзуги и Качковки (Веселов, Калюжин, 2001; Кузицин и др., 2001).

Видимо, такое распределение особей двух родственных видов не связано с конкурентными взаимоотношениями: после значительного падения численности семги в реке Кереть, вызванной инвазией паразита *Gyrodactylus salaris*, кумжа не заселила освободившиеся местообитания в основном русле реки. За много лет мониторинга только однажды на одном из порогов была обнаружена молодь кумжи и гибриды двух видов (Махров и др., 1998).

К сожалению, взаимоотношения кумжи с чужеродными видами лососевых — радужной форелью (*Parasalmo mykiss*) и горбушей (*Oncorhynchus gorbusha*) изучены пока еще плохо. Известно, однако, что радужная форель может питаться молодью черноморской кумжи (Панов, 1959).

Нерест кумжи происходит вскоре после нереста горбуши — как раз в период, когда на нерестилищах лежат разлагающиеся рыбины. Это может помешать нересту кумжи.

### Кумжа и трехиглая колюшка (*Gasterosteus aculeatus*)

В последние годы на Карельском побережье Белого моря наблюдается интенсивный рост численности трехиглой колюшки (Д.Л. Лайус, С.А. Пономарев, личное сообщение). С одной стороны, это должно благоприятно сказаться на состоянии популяций кумжи, поскольку в море кумжа питается молодью трехиглой колюшки (Привольнев, 1934). С другой стороны, трехиглая колюшка, возможно, конкурирует с кумжей за местообитания, поскольку она заселила порожистые участки ручья Жемчужный (Карель-

ский берег Белого моря), где кумжа исчезла в результате вырубки леса. При этом трехиглая колюшка не выявлена в ручье Уракко, который впадает в море рядом с Жемчужным, но еще сохранил популяцию кумжи.

#### **Кумжа как хозяин европейской жемчужницы (*Margaritifera margaritifera*)**

Личинки редкого моллюска – жемчужницы паразитируют на жабрах семги и кумжи. В водоемах, куда не заходит семга – в бассейне озера Имандра и реки Ковды, а также небольших ручьев на побережье Белого моря – популяции жемчужницы поддерживаются только благодаря кумже (Беспалая и др., 2007; Махров и др., 2009; Makhrov, in press). Видимо, кумжа играет большую роль в распространении жемчужницы, поскольку после ската в море кумжа может вернуться в пресную воду уже через несколько дней, причем иногда не в тот водоем, где родилась.

#### **Хищники, питающиеся кумжей в море**

К сожалению, по этому важному вопросу данных очень мало; однако, нам неоднократно приходилось наблюдать тюленей в устьях кумжевых рек и ручьев в период ската смолтов. Известно, что кумжей питаются дельфины – морская свинья (*Phocaena phocaena*) и белуха (*Delphinapterus leucas*), и, возможно, гренландский тюлень, *Pagophilus groenlandicus* (Сурков, 1966).

Данное исследование поддержано грантом РФФИ № 09-04-01357-а.

## **ОЦЕНКА СЕЗОННОЙ И МЕЖДУГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИБРЕЖНЫХ УЧАСТКОВ БЕЛОГО МОРЯ В ПЕРИОД 2000–2009 ГГ.**

**И.В. Мискевич**

Северный филиал ПИНРО, e-mail: miv@sevpinro.ru

В СевПИНОРО ведется многолетний мониторинг состояния промысловых биоресурсов Белого моря. Для обеспечения этого процесса всей необходимой информацией, начиная с 2000 года, была развернута система мониторинговых исследований экосистемы Белого моря по гидрологическим, гидрохимическим и гидробиологическим показателям. Помимо судовых съемок в нее вошли рейдовые наблюдения на 2 прибрежных стационарах в Печаковской Салме в Онежском заливе (на базе СевПИНОРО на о. Соловецком) и в Унской губе Двинского залива (у поселка Пертоминска). Унская губа представляет собой мелководный лагунообразный опресняемый залив, Печаковская Салма – шхерный участок со слабым влиянием пресного стока. На обоих участках зимой обычно наблюдается наличие припая, и приливные явления носят хорошо выраженный характер.

Мониторинговые исследования на вышеуказанных стационарах проводятся 4 раза в год: зимой, весной, летом и осенью. В их состав входят полусуточные наблюдения с дискретностью 2 часа за гидрологическими и гидрохимическими параметрами. В полную и малую воду приливного цикла также осуществляются гидробиологические исследования и отбор проб воды для определения содержания в них загрязняющих веществ.

Для оценки сезонной и междугодовой изменчивости гидролого-гидрохимических показателей рассматриваемых прибрежных участков Белого моря в период 2000–2009 гг. были выбраны температура воды, соленость, кислородонасыщение и БПК<sub>5</sub>. Последние два параметра являются интегральными индикаторами состояния водной экосистемы. Помимо информации о химическом составе морской воды они могут служить показателями интенсивности гидробиологических процессов.

Анализ внутригодовой изменчивости рассматриваемых показателей показал следующее. Сезонные колебания температуры и солёности морской воды хорошо прослеживаются, но имеют свою специфику в различных районах. В Унской губе наблюдается быстрый прогрев вод весной и их интенсивное выхолаживание осенью. В Печаковской Салме интенсивность весеннего прогрева вод и их осеннего выхолаживания выражена гораздо слабее. Солёность в Унской губе имеет максимальное значение зимой и минимальное весной. Подобная картина характерна для большинства прибрежных районов Белого моря. В Печаковской Салме максимум солёности отмечается летом, минимум – зимой. Такую ситуацию можно объяснить квазистационарным подъемом глубинных вод Бассейна с высокой солёностью в районе Соловецкого архипелага за счет особенностей влияния рельефа дна на приливные течения. В зимний период этот процесс не прослеживается из-за значительного снижения величины прилива при наличии ледовых явлений. В безледоставный период подъем глубинных вод Бассейна может также усиливаться за счет ветровых эффектов.

Заметные различия в сезонных колебаниях наблюдаются и для рассматриваемых гидрохимических показателей. Максимальное кислородонасыщение вод (в среднем – 107%) в Унской губе отмечается весной, в Печаковской Салме – летом (в среднем –

123%). Эти различия можно связать с особенностями притока биогенных веществ и характером водной растительности. В Унской губе заросли морских водорослей практически не встречаются, и основным продуцентом кислорода в воде здесь является фитопланктон. У Соловецкого архипелага в данном отношении доминируют морские макрофиты.

Для параметра БПК<sub>5</sub>, являющегося индикатором содержания в воде легкоокисляемой органики, характерно наличие зимнего минимума, когда затухают гидробиологические процессы и прекращается сток поверхностных вод в море. Максимальные значения БПК<sub>5</sub> в Печаковской Салме наиболее типичны для весны (в среднем – 3.84 мг О<sub>2</sub>/л), в Унской губе – для лета (в среднем – 3.30 мг О<sub>2</sub>/л). Повышенное содержание органики в прибрежных водах Соловецкого архипелага весной можно связать с интенсификацией механической деструкции водорослей за счет усиления штормового волнения после исчезновения припая. В Унской губе повышенное содержание легкоокисляемой органики летом можно связать с особенностями сезонных изменений в продукции фитопланктона и зоопланктона.

Междугодовая изменчивость рассматриваемых параметров в различные сезоны периода 2000–2009 годы носила довольно сложный характер. Для нее характерно наличие аномальных значений («выбросов») в отдельные годы, которые не позволяют четко выделить соответствующую тенденцию. Статистически достоверные тенденции к возрастанию значений в указанный период выделены лишь для параметра БПК<sub>5</sub> в сезоны зима и весна. Также следует отметить наличие более слабо выраженных закономерностей к повышению температуры воды в осенний период и понижению солености в весенний период. Эти закономерности соответствуют общей тенденции к повышению температуры поверхностных вод Белого моря в летний и осенний периоды, а также годового количества осадков, в последние 30–40 лет, зафиксированной по данным наблюдений гидрометеостанций Северного УГМС.

Повышение содержания легкоокисляемой органики в зимний и весенний периоды, а также возрастание температуры морских вод осенью позволяет предположить о возможности формирования тенденции в текущем климатическом цикле к увеличению биопродукции прибрежных участков Белого моря. При анализе многолетней изменчивости температуры его вод было зафиксировано возрастание вероятности появления ее максимумов в годы наибольшей солнечной активности и наоборот. С учетом этого обстоятельства и наличия вышеупомянутых тенденций можно предположить, что, по крайней мере, в последующие несколько лет будут сохраняться благоприятные условия для возрастания биопродукции Белого моря. Для отдельных районов моря они могут иметь различный характер.

## ПРОДУКЦИЯ ЛИЧИНОК СЕМЕЙСТВА CHIRONOMIDAE НАСКАЛЬНЫХ ВАНН ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ

Е.А. Мовчан, И.А. Стогов

С.-Петербургский государственный университет, e-mail: movchan\_ekaterin@mail.ru

Зообентос наскальных ванн, своеобразных микроводоемов, широко представлен на побережье Белого, Балтийского и Баренцева морей, носит выраженный хирономидный характер, причем величины обилия личинок очень высоки (Стогов и др., 1996; 2005; 2009; Мовчан, 2000). В настоящей работе на основании сезонных наблюдений за ростом когорт личинок хирономид массовых видов (родов *Glyptotendipes*, *Tanytarsus* и *Procladius*) рассчитана удельная скорость весового роста  $C_w$  и оценены продукционные характеристики (таблица).

Таблица

Продукционные характеристики личинок хирономид  
наскальных ванн побережья Белого моря.

Показатели	Мирные	Хищные
Биомасса, г/м <sup>2</sup>	18.1± 3.9	1.1 ± 0.3
$C_w$ (сутки)	0.038±0.005	0.046±0.004
$P/B$ за год (сезон)	4.6	5.5
$P$ (ккал/кв. м сутки)	0.413±0.089	0.032±0.009
$R$ (ккал/кв. м сутки)	0.521±0.104	0.034±0.009
$K_2$	0.44	0.48
$C$ (ккал/кв. м сутки)	1.560±0.321	0.081±0.021
$Pz$ (ккал/кв.м сезон) сообщества	50.8±10.8	

Среди хищных форм, доля которых в биомассе зообентоса исследованных водоемах не превышает 6%, в наскальных ваннах преобладают личинки хирономид *Procladius* *gr. choreus* и *Ablabesmia* *gr. monilis*, обычно относимых к факультативным хищникам. По нашим данным, личинки *Procladius* младших возрастных групп питаются детритом и водорослями, но личинки старших возрастов до 20–25% своего рациона обеспечивают за счет хищного питания, причем предпочтение отдается личинкам младших возрастных групп родов *Chironomus* и *Tanytarsus*.

Интересно, что продукция хирономид (50 кКал или 210 кДж/кв.м. сезон) беломорских наскальных ванн заметно превышает продукцию зообентоса арктических олиготрофных озер России, Канады и Гренландии, ряда мезо- и эвтрофных озер Белоруссии и России и вполне сопоставима с таковой в эвтрофных прудах Англии и Техаса, а также мелководных озерах Германии (Lindegaart, 1992). При этом суточная удельная скорость весового роста личинок (0.038–0.046) и годовые  $P/B$ -коэффициенты (4.6–5.5) довольно постоянны в водоемах самого разного типа.

### Список литературы

- Мовчан Е.А., Полякова Н.В., Стогов И.А. Наскальные ванны как объект долговременного мониторинга // Вестн. СПб ун-та. Сер. 3. 2000. вып. 3 № 11. С. 18–19.
- Стогов И.А., Мовчан Е.А., Полякова Н.В., Сухопарова Е.Ю. Физико-химические и биологические характеристики наскальных ванн островов Керетского архипелага Кандалакшского залива Белого моря в 1990–1994 гг. // Вестн. СПб ун-та, Сер. 3. 1996. Вып. 2 № 10. С. 17–23.
- Стогов И.А., Мовчан Е.А. К исследованию эфемерных водоемов морских побережий // Вестн. СПб ун-та. Сер. 3. 2005. вып. 3. С. 87–91.
- Стогов И.А., Мовчан Е.А., Полякова Н.В., Старков А.И. Долговременные исследования структурных характеристик сообществ планктонных и донных беспозвоночных беломорских пресноводных наскальных ванн // Вестн. СПб ун-та. Сер. 3. 2009. вып. 3. С. 158–168.
- Lindegaart C. Zoobenthos ecology of Thingvallavath: vertical distribution, abundance, population dynamics and production // *Voices* 64 1992. P. 257–304.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОМЫСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕЛОМОРСКИХ ФУКОИДОВ В ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗАРОСЛЯХ

**О.Н. Мохова**

Северный филиал ПИНРО, Архангельск, e-mail: mohova@sevpinro.ru

Запасы ламинариевых и фукусовых водорослей до конца 50-х годов XX в. были достаточно велики и составляли сотни тысяч тонн в сырце. Однако в начале 70-х годов все заметнее стали выявляться негативные последствия эксплуатации зарослей, а также абиотического воздействия на сообщества водорослей. В середине 80-х годов после сильного повреждающего действия ледовых торосов на мелководных участках по всему Белому морю было срезано до 25–30% литоральных фукоидов. В связи с резким сокращением запасов, а также недоосвоением штормовых выбросов на побережьях, заготовки фукоидов были рекомендованы только сбором из штормовых выбросов. В 90-е годы наблюдается спад в развитии водорослевой отрасли. Объемы заготовок по всем видам снизились по сравнению с 80-ми годами в 3 и более раз. Со второй половины 90-х годов отмечается дальнейшее сокращение заготовок фукоидов, обусловленное не востребоваанностью сырья переработчиками. На фоне сокращения промысла во многих районах моря запасы ламинариевых и фукусовых водорослей стабилизировались.

До конца прошлого столетия обследования зарослей фукоидов носили локальный характер и не являлись систематическими. В последнее десятилетие спрос на данный вид сырья стал возрастать, и это активизировало исследования, связанные с оценкой современного состояния, прежде всего, перспективных промысловых зарослей, в том числе и фукоидов.

Одним из основных промысловых районов по добыче водорослей в Белом море являются Соловецкие острова. Заготовительные участки расположены в северной и в восточной частях о. Соловецкий: это побережье пос. Ребалда и о-ва Большая и Малая Муксалма. На островах Бол. и Мал. Муксалма основным объектом промысла являются ламинариевые водоросли, а береговая зона пос. Ребалда перспективна для заготовки как ламинариевых, так и фукусовых водорослей. Промысел фукоидов осуществляется серпами и косами в литоральной части побережья. Ежегодная эксплуатация водорослей, несомненно, оказывает влияние на состояние их зарослей, поэтому и возникает необходимость систематически выполнять детальное обследование эксплуатируемых участков для регулирования промысла. Работы по обследованию береговой акватории в районе пос. Ребалда выполнялись в 2002, 2006 и 2009 г. на НИС «Протей» по утвержденной методике СевПИНРО (Пронина и др., 2009).

Исследования показали, что в литоральных зарослях преобладают наиболее распространенные в Белом море виды: *Fucus vesiculosus* Linnaeus. и *Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis. Основные промысловые скопления расположены у м. Ребалда, на выступающей каменисто-валунной гряде и на коргах у о. Ребалда, а также вдоль побережья севернее о. Ребалда.

По данным 2002 г. в обследуемом районе отмечены заросли всех категорий плотности. Несмотря на то, что площадь плотных зарослей была достаточно велика, преобладали разреженные заросли III категории плотности с проективным покрытием дна (ПП) от 30 до 50%. Биомасса фукоидов варьировала в пределах от 4.0 до 10.0 кг/м<sup>2</sup>. В 2006 г. разреженных зарослей не обнаружено и доминировали по площади заросли с ПП более 70%. Биомасса изменялась от 5.3 до 11.5 кг/м<sup>2</sup>. По данным 2009 г., наоборот, зарослей I категории нет, а заросли разреженные и средней плотности занимали прак-

тически одинаковые площади. Биомасса колебалась в пределах от 0.5 до 13.4 кг/м<sup>2</sup>. Из полученных данных следует, что благоприятным для развития фукоидов был 2006 г. Данный факт может свидетельствовать о восстановлении запасов к 2006 г. после возможной переэксплуатации зарослей, главным образом, из-за сокращения заготовок фукоидов в конце прошлого столетия. Если в 2002 г. все еще преобладали разреженные заросли, то уже к 2006 г. на их месте можно было наблюдать плотные и средней плотности заросли. Уменьшение и исчезновение плотных зарослей в 2009 г. позволяет судить о влиянии возобновленного промысла. Так, в районе м. Ребалда и у о. Ребалда вместо зарослей с ПП более 70% стали преобладать заросли с ПП от 50 до 70%, а вдоль побережья севернее о. Ребалда заросли *I категории* стали разреженными (*III категории*). На это указывают и значения другого важного промыслового показателя – биомассы растений (таблица). Что касается соотношения промысловых видов в исследуемых сообществах, то можно отметить незначительное замещение к 2009 г. аскофиллума фукусом пузырчатым, что в дальнейшем может привести к смене доминанта. При заготовке *A. nodosum* дает большую массу, чем *F. vesiculosus*, что для заготовителей является немаловажным фактом. В экспериментальных работах по изучению восстановления фукоидов после имитированного промысла серпом и косой нами отмечено, что в первую очередь произвольно изымаются взрослые растения *A. nodosum* и также первоначально изменяется соотношение видов в сообществах. Но, восстановившись после второго цикла кошени, это соотношение возвращается к исходному состоянию. Обратим ли этот процесс в районе пос. Ребалда покажут дальнейшие наблюдения.

Таблица

Основные характеристики промысловых зарослей фукусовых водорослей *Ascophyllum nodosum* (A.n.) и *Fucus vesiculosus* (F.v.) в районе поселка Ребалда

Годы	Проективное покрытие дна, %	Биомасса, кг/м <sup>2</sup>	Ширина зарослей, м	Соотношение видов	Удельный запас, т/га
2002	57	7.6	59	A.n. 68% F.v. 32%	26.7
2006	65	9.0	80	A.n. 50% F.v. 50%	28.3
2009	46	5.1	47	A.n. 45% F.v. 55%	21.4

#### Список литературы

Пронина О.А., Мельник Р.А. и др. Методические рекомендации по организации сбора первичной биологической информации, оценке запасов и ОДУ промысловых водорослей Белого моря. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2009. – 71 с.



Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 120–121.

## ВОЗРАСТНЫЕ И СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИПИДНОГО СПЕКТРА *CALANUS GLACIALIS* КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

С.А. Мурзина<sup>1</sup>, Д.М. Мартынова<sup>2</sup>, З.А. Нефедова<sup>1</sup>, Н.Н. Немова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, e-mail: imagination@onego.ru

<sup>2</sup>Зоологический институт РАН, С.-Петербург, e-mail: daria.martynova@gmail.com

### Введение

У организмов в суровых условиях высоких широт роль липидов в обмене веществ приобретает важное значение и связано с существенными энергетическими затратами и структурными изменениями на клеточном уровне. Особенности качественного и количественного липидного состава гидробионтов отражаются на метаболизме не только одного организма, но и других, связанных пищевыми цепями.

*Calanus glacialis* – один из наиболее важных представителей арктического зоопланктона в Белом море (Перцова, Пантюлин, 2005). Этот вид копепод запасает энергию в форме липидов, доминирующей группой которых являются нейтральные липиды (триацилглицерины и воска), они используются в течение длительного периода развития, обеспечивая энергией все процессы жизнедеятельности (Lee et al., 2006). Однако для беломорской популяции *Calanus glacialis* многие особенности биологии до сих пор остаются неописанными, и большинство исследователей используют схемы, предложенные для популяций, населяющих моря высокой Арктики (Martynova et al., 2009).

### Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что у копеподитов старших возрастов и половозрелых самок *C. glacialis* хорошо выражена сезонная динамика содержания липидов. Так, наибольшее суммарное содержание липидов наблюдалось в конце осени (октябрь, 58.0–86.0% сухого вещества, СВ), когда рачки готовятся к зимнему периоду (состояние диапаузы). В начале летнего периода (июль) уровень липидов у копепод не превышал 29.0% СВ, но к началу августа он повысился до 44.0% СВ. Таким образом, рачки активно накапливают липиды в течение короткого вегетационного периода. К концу зимнего периода (март) запасы липидов снизились до 28.0% СВ, что связано с их постепенным использованием в качестве энергетических источников в течение диапаузы (Martynova et al., unpubl.).

Кроме того, наблюдалась хорошо выраженная динамика липидных компонентов. Доминирующими липидами взрослых *C. glacialis* в зимний и осенний периоды являлись энергетические липиды – триацилглицерины (ТАГ) и воска, в летний период структурные липиды – фосфолипиды (ФЛ).

По количественному содержанию максимальная концентрация ТАГ было зафиксирована у калянусов в зимний период (23.0% СВ), минимальная – в летний период (4.0% СВ). Количество другой группы запасных липидов – восков – у беломорского калянуса в зимний период составляло 28.0% СВ и достоверно отличалось от такового у *C. glacialis* в летний и осенний периоды (не более 5.0% СВ). Известно, что ТАГ являются запасными липидами «быстрого обмена» (Lee et al., 2006), в то время как воска могут использоваться в течение длительного периода развития, обеспечивая энергией все процессы жизнедеятельности организма (Kattner et al., 1989).

Среди структурных липидов преобладали ФЛ в летний и осенний сезоны (8.0% и 6.0% СВ, соответственно) по отношению к холестерину (ХС) (6.0% и 5.0% СВ, соот-

ветственно). Однако, в зимний сезон у калянуса содержание ХС (11.0% СВ) было значительно выше, чем доля ФЛ (5.0% СВ).

Одним из наиболее информативных и показательных элементов считается состав и уровень специфических жирных кислот (ЖК) липидов, которые являются маркерными для отдельных групп гидробионтов. Установлено, что моноеновые ЖК доминировали в общем спектре ЖК калянуса (44.0% суммы ЖК), среди которых превалировала 16:1 (*n*-7) ЖК. Эта кислота является биомаркером диатомовых водорослей и может отражать спектр питания зоопланктона при весеннем цветении фитопланктона (Kattner et al., 1989; Graeve et al., 2008). В теле калянуса также отмечался высокий уровень моноеновых 20:1 (*n*-9) и 22:1 (*n*-11) ЖК, которые синтезируются *de novo* только растительными видами *Calanus* (Falk-Petersen et al., 1990; Graeve et al., 2004; Graeve et al., 2008). Уровень насыщенных ЖК у *C. glacialis* составлял 42.0% суммы ЖК, среди которых доминировали 14:0 и 16:0 ЖК (18.0% и 15.0% суммы ЖК). Доля полиеновых ЖК у калянусов – 13.0% суммы ЖК, среди которых превалировала линоленовая 18:3 (*n*-3) и арахидоновая 20:4 (*n*-6) ЖК. Полиеновые ЖК липидов фитопланктона используются зоопланктоном для синтеза насыщенных и моноеновых ЖК *de novo* (Sargent & Henderson, 1986). Таким образом, большая часть жирных спиртов и жирных кислот калянуса сформирована за счет липидных компонентов фитопланктона и откладываются в форме восков в липидной капле рачка.

Мы считаем, что популяции *Calanus glacialis* в Белом море и в морях Высокой Арктики используют сходную стратегию липидной динамики, связанную с особенностями сезонной динамики фитопланктона.

Работа поддержана грантами РФФИ 08-04-01140-а, РФФИ 08-04-98843-р\_север\_а, Целевая программа РАН «Поддержка молодых ученых», Программа Президента РФ «Ведущие научные школы» НШ-3731.2010.4.

### Список литературы

- Перцова Н.М., Пантюлин А.Н. Связь фауны веслоногих рачков (Copepoda, Calanoida) Белого и Баренцева морей и механизмы независимости беломорских популяций // Зоологический журнал. 2005. Т. 84, № 8. С. 948–956.
- Falk-Petersen S., Hopkins C.C.E., Sargent J.R. Trophic relationships in the pelagic, arctic food web // Proc. 24<sup>th</sup> Europ. Mar. Biol. Symp. 1990. P. 315–333.
- Graeve M. Introduction into lipid biochemistry II – Foodweb relationships revealed by fatty acid trophic markers, Special Seminar, University of Córdoba, 29.11.04, – Córdoba, Argentina. 2004.
- Graeve M., Lundberg M., Boer M., Kattner G., Hop H., Falk-Petersen S. The fate of dietary lipids in the Arctic ctenophore *Mertensia ovum* (Fabricius 1780) // Mar. Biol. 2008. № 153. P. 643–651.
- Kattner G., Hirche H.J., and Krause M. Spatial variability in lipid composition of calanoid copepods from the Fram Strait, the Arctic // Marine Biology. 1989. № 102. P. 473–480.
- Lee R.F., Hagen W., Kattner G. Lipid storage in marine zooplankton // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2006. Vol. 307. P. 273–306.
- Martynova D.M., Graeve M., Bathmann U.V. Adaptation strategies of copepods (superfamily Centropagoidea) in the White Sea (66°N) // Polar Biology. 2009. № 32. P. 133–146.
- Martynova D.M., Usov N.V., Murzina S.A., Kutcheva I.P., Kazus' N.A., Mingazov N.D. New insights on the life cycle strategy of *Calanus glacialis* in the White Sea (66°N) // Polar Biology, submitted.
- Sargent J.R., Henderson R.J. Lipids. In: Corner EDS, O'Hara S (eds). Biological chemistry of marine copepods. – Oxford. University Press, 1986. P. 59–108.

*Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 122–123.*

## **ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАРЕЛЬСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВВ.**

**Л.Е. Назарова**

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, nazarova@nwpi.krc.karelia.ru

Для исследования современного состояния основных характеристик климата Карельского побережья Белого моря была сформирована база данных о температуре воздуха и суммах атмосферных осадков (суточные, месячные и годовые данные) за период с начала наблюдения по 2008 г. по метеорологическим станциям, расположенным в изучаемом районе: МС Энгозеро, Колежма, Лоухи и Кемь-порт.

В результате проведенного анализа данных о средней годовой температуре воздуха в исследуемом районе, был сделан вывод, что годовая температура на данной территории увеличилась в среднем примерно на  $0.5^{\circ}\text{C}$  за 105 лет.

При сравнении данных об изменчивости средней годовой температуры воздуха в районе Карельского побережья Белого моря с данными, приведенными в докладе Г.В. Груза и Э.Я. Раньковой на Российско-Британской конференции по изменению климата 13–15 июня 2007 года в Новосибирске, можно сделать вывод, что на Карельском побережье Белого моря повышение годовой температуры воздуха шло менее интенсивно, чем в масштабах России и Европейской части РФ.

В начале XXI века средняя годовая температура воздуха была равна (в 2001–02 гг.) или превышала климатическую норму на  $1.0\text{--}2.4^{\circ}\text{C}$ .

Во внутригодовом ходе температуры воздуха в районе Карельского побережья Белого моря за 1951–2008 гг. можно выделить следующие моменты: наибольший рост средней месячной температуры воздуха отмечен в декабре–марте с максимумом в марте, когда повышение температуры составило  $0.6^{\circ}\text{C}/10$  лет. Слабые отрицательные тенденции наблюдаются в августе ( $-0.1^{\circ}\text{C}$ ).

Временная изменчивость средней месячной температуры воздуха зависит от сезона года и физико-географических особенностей территории. Наибольшая изменчивость температуры воздуха наблюдается в холодный период, максимумы приходятся на январь–февраль. В эти месяцы среднее квадратическое отклонение температуры воздуха примерно в два раза выше, чем летом. Объясняется это интенсивностью циркуляционных процессов именно в течение зимних месяцев. Наиболее устойчивая по температурному режиму погода в районе Карельского побережья Белого моря отмечается в июле–сентябре. Амплитуда годового хода средних квадратических отклонений составляет  $2.8\text{--}2.9^{\circ}\text{C}$ , что характерно для переходного к континентальному типу климата.

Расчет дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха и сумм средних суточных температур воздуха выше  $0.5$  и  $10^{\circ}\text{C}$  за 1999–2008 годы производился по данным наблюдений на 3 метеостанциях. Анализ полученных данных позволил сделать вывод, что даты устойчивого перехода температуры воздуха через  $0.5$  и  $10^{\circ}\text{C}$  в сторону повышения и понижения температуры в течение 1999–2008 годов были смещены относительно средних многолетних значений. Наибольшее отклонение от климатических норм характерно для дат наступления и окончания теплого периода года (выше  $0^{\circ}\text{C}$ ), в результате чего продолжительность теплого периода года была увеличена на 18–22 дня. Для температуры выше  $5^{\circ}\text{C}$  смещение составило 3–6 дней весной и 10–12 дней осенью. Для температуры выше  $10^{\circ}\text{C}$  отклонение от климатических норм выражено меньше. Весной смещение составляет в северных районах 4 дня, в южных районах –

3 дня; осенью в северных районах 1 день, в центральных и южных районах республики 2 дня. В результате этого периоды с температурой воздуха выше указанных границ увеличились на 13–18 и 5 дней соответственно, что совместно с общим повышением температуры позволило накопиться большим суммам положительных температур.

Атмосферные осадки на акватории Белого моря определяются главным образом активной циклонической деятельностью и влагосодержанием воздушных масс. При циклонах, сформировавшихся над Северной Атлантикой и северными морями, осадков выпадает мало. Обильные осадки наблюдаются при переносе воздушных масс с южных районов умеренной зоны Атлантики.

На территорию Карельского побережья Белого моря за год выпадает 500–550 мм атмосферных осадков. Внутри года количество выпадающих осадков распределено неравномерно. Наибольшее количество выпадает в период с июня по октябрь: 290–320 мм, что составляет приблизительно 60% годовой суммы.

В течение теплого периода года в рассматриваемом районе выпадает 70–75% годового количества осадков. В среднем за год жидкие осадки составляют 55–65%, твердые – 20–30%, смешанные – 13–18%.

Количество атмосферных осадков, выпадающих на территорию Карельского побережья Белого моря, заметно увеличилось к концу XX – началу XXI века. Рост годовых сумм составил 120–140 мм/60 лет (1946–2005 гг.). Однако такое увеличение количества выпадающих атмосферных осадков во многом может объясняться недоучетом осадков в 1940–60 годы.

Анализируя аномалии годовых сумм атмосферных осадков, осредненных по данным МС Колежда и МС Энгозеро за 1951–2008 гг., можно сделать вывод, что, начиная с 1981 г., положительные аномалии осадков наблюдались чаще, чем отрицательные, которые преобладали до этого времени.

Наряду со сведениями об общем количестве выпадающих атмосферных осадков могут быть интересны данные о числе дней в году с осадками – т. е. о том, как часто наблюдаются осадки различной интенсивности на изучаемой территории.

Общее число дней с осадками более 0.1 мм в районе Карельского побережья Белого моря составляет 193–202 за год. Наибольшее число дней с осадками отмечается в холодный период года – с октября по февраль (до 20–25 дней за месяц), но число дней с сильными (10.0 мм и более) осадками в это время года не велико – менее 1 дня за месяц. В течение весны и летнего сезона общее число дней с осадками уменьшается до 13–18, но возрастает число дней с осадками более 1.0 и 5.0 мм за день, хотя продолжительность выпадения осадков за сутки обычно не велика.

При сравнении со средними многолетними значениями данных о числе дней с осадками за 2002–2008 годы можно сделать следующие выводы. В течение 2002–2008 годов в более северных районах Карельского побережья Белого моря дожди выпадали чаще и были более интенсивны, чем в среднем за многолетний период, число дней с сильными дождями превышало норму по всему району исследований.

## **БИОХИМИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ ГИДРОБИОНТОВ БЕЛОГО МОРЯ**

**Н.Н. Немова**

Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, e-mail: nemova@krc.karelia.ru

Каждый организм живет в многокомпонентной среде обитания, которая в каких-то пределах всегда изменяется, и организм постоянно к ней приспосабливается. Одни виды обладают узкой, другие – широкой приспособляемостью. Адаптации обеспечиваются деятельностью целого комплекса механизмов, среди которых особую роль играют биохимические механизмы, лежащие в основе развития компенсаторных реакций клетки при различных внешних воздействиях (Хочачка, Сомеро, 1988; Немова, 2005). Особый интерес представляет изучение биохимических адаптаций у водных пойкилотермных организмов, у которых легче, чем у теплокровных, установить взаимосвязь со средой, так как у них эта система в большей степени открыта.

Оценка роли клеточного метаболизма в процессах развития адаптивных реакций у беспозвоночных и рыб морей Европейского Севера, в том числе Белого моря представляет необычайный интерес для выяснения механизмов биохимических адаптаций, поскольку эта экосистема имеет ряд специфических черт и отличий, а именно: наличие хорошо выраженных приливов, сравнительно короткий вегетационный период, сравнительно низкий уровень солености, своеобразный температурный режим, низкая концентрация минеральных веществ и соединений органической природы и др. (Бергер, 1986; Бергер, 2007). При более низкой температуре и олиготрофности гидробионты имеют низкую чувствительность и достаточно высокие адаптивные возможности. Кроме того, с учетом все возрастающего антропогенного воздействия на водоемы, такие исследования перспективны и с точки зрения биоиндикации, а для Белого моря, как известно, проектируется освоение шельфовой зоны, что в значительной степени может увеличить техногенный прессинг.

В течение многих лет у некоторых видов рыб, моллюсков, ракообразных Белого моря (Кандалакшская губа, р. Варзуга, мыс Крутик, мыс Картеш и др.) изучали биохимические адаптации в таких процессах, как: формирование фенотипической разнокачественности молоди рыб, развитие в раннем онтогенезе, взаимоотношения в сообществах организмов в среде обитания, а также приспособления организмов к таким факторам среды, как соленость, кислотность, токсиканты различной природы (тяжелым металлам, нефтепродуктам, органическим соединениям и некоторым другим). Исследовали роль следующих биохимических параметров клеточного метаболизма: состав липидов: общих, запасных (триацилглицеринов, эфиров холестерина), мембранных (фосфолипидов, в том числе фракционный состав, а также холестерина), жирных кислот (насыщенных, ненасыщенных), желчных кислот, общий белок, растворимый, связанный с мембранами, сывороточные белки, коллаген свободный/связанный, пролин/оксипролин, ферментные белки, а также состав полипептидов, в том числе металлотioneинов, изучена роль ферментов (в том числе изоферментов): энергетического (углеводного) метаболизма, катаболизма белков, ферментов лизосом, ферментов биотрансформации (Немова, Высоцкая, 2004).

В результате проведенных исследований выявлены механизмы ответной реакции исследуемых организмов на различные изменяющиеся факторы среды и биологические процессы. Они включают в себя реализацию защитной функции лизосом, регулирующую функцию биологических мембран и, прежде всего, жирных кислот, холестерина,

фосфолипидов и их фракций, изменения в белковом метаболизме, о чем свидетельствуют изменения в активности и соотношении молекулярных форм ферментов внутриклеточного протеолиза и содержания белка, изменении соотношения различных молекулярных фракций пептидов. Важнейшим механизмом, связывающим все вышеперечисленные пути обмена, является, несомненно, энергетический метаболизм, изменение активности ферментов метаболизма углеводов, в результате чего образуется важнейшая энергетическая валюта клетки – АТФ. Показана взаимосвязь различных путей клеточного метаболизма в развитии адаптаций у рыб и водных беспозвоночных в ответ на исследованные факторы среды. Биохимические механизмы адаптаций к условиям обитания отражают образ жизни, характер питания, стадию онтогенеза и годового цикла организма. Устойчивость и чувствительность исследованных видов гидробионтов к воздействию различного рода токсических веществ зависит, прежде всего, от степени функционирования ферментов биотрансформации ксенобиотиков (первой и второй фаз), а также от состояния различных биохимических систем клетки, участвующих в реализации защитных реакций организма, в развитии ответных реакций клетки на уровне биохимических адаптаций. Адаптивным биохимическим реакциям исследованных водных животных, наряду с общим неспецифическим характером присущи определенные черты специфичности, которые определяются их принадлежностью к экотермным организмам, возрастом, стадией жизненного цикла, особенностями экологии и т. д.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 08-04-01140-а, Программы Президента РФ «Ведущие научные школы» НШ-306.2008.4, НШ-3731.2010.4, Программы Президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов»

#### **Список литературы**

- Хочачка П., Сомеро Дж. Биохимические адаптации. – М.: Мир, 1988, 568 с.  
Немова Н.Н. Биохимические эффекты накопления ртути у рыб. – М.: Наука, 2005. 164 с.  
Бергер В.Я. Адаптации морских моллюсков к изменениям солёности среды. – Л.: Наука, 1986, 231 с.  
Бергер В.Я. Продукционный потенциал Белого моря. – СПб: ЗИН РАН, 2007, 291 с.  
Немова Н.Н., Высоцкая Р.У. Биохимическая индикация состояния рыб. – М.: Наука. 2004, 214 с.

Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 126–127.

## МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗАРАЖЕННОСТИ МОЛЛЮСКОВ *LITTORINA SAXATILIS* И *L. OBTUSATA* ПАРТЕНИТАМИ ТРЕМАТОД В УСТЬЕВОЙ ЧАСТИ ГУБЫ ЧУПА КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

**К.Е. Николаев, К. В. Галактионов**

Зоологический институт РАН, Санкт–Петербург, e-mail: kirill.nicolaev@gmail.com

Начиная с 1999 г., нами проводятся исследования особенностей трансмиссии трематод в прибрежных экосистемах Белого моря. В рамках этой работы в 1999–2009 гг. изучалась динамика зараженности партенитами трематод двух массовых видов литоральных моллюсков – *Littorina saxatilis* (Olivi, 1792) и *Littorina obtusata* (Linnaeus, 1758).

Работы выполнены на участке каменисто-песчаной литорали между губами Круглая и Сельдяная (губа Чупа, 66°20' N, 33°40' E). Моллюсков собирали 4 раза в год в разные сезоны (март, май–июнь, июль–август, ноябрь–декабрь) по стандартной гидро-биологической методике взятия количественных проб бентоса. Собранных литорин вскрывали под биноклем МБС-10 для выявления зараженных особей и определения видовой принадлежности обнаруженных партенит трематод. В общей сложности вскрыто 22874 экз. *L. saxatilis* и 20499 – *L. obtusata*, и зарегистрированы партениты 8 видов трематод. Семь из них – *Microphallus pygmaeus* (Levinsen, 1881), *M. piriformes* (Odhner, 1905) Galaktionov, 1983, *M. pseudopygmaeus* Galaktionov, 2009, *M. triangulatus* Galaktionov, 1984, *M. similis* (Jägersköld, 1900), *Cryptocotyle lingua* (Creplin, 1825), *Cercaria parvicaudata* (Stunkard and Shaw, 1931) и *Himasthla elongata* (Mehlis, 1831) — в качестве окончательных хозяев используют птиц прибрежного комплекса, а *Podocotyle atomon* (Rudolphi, 1802) – рыб. Установлено, что состав заражения и динамика зараженности *L. obtusata* и *L. saxatilis* партенитами трематод сходны, что позволило нам анализировать обобщенные данные для двух видов моллюсков.

Наиболее массовыми видами в составе заражения оказались микрофаллиды группы «*pygmaeus*» – *Microphallus pygmaeus* и *M. piriformes*. За весь период исследований доля этих видов в составе заражения составляла в среднем 50–60%. Следует отметить, что высокая зараженность литорин этими трематодами характерна для Белого моря (Galaktionov, 2001). Многолетняя динамика заражения моллюсков этими видами несколько различна. В 1999–2001 гг. экстенсивность инвазии (ЭИ) *L. saxatilis* и *L. obtusata* видом *M. piriformes* составляла 10–16%, а *M. pygmaeus* – 4–6%. Начиная с 2002 г., отмечен резкий спад ЭИ литорин видом *M. piriformes* с последующей стабилизацией этого параметра в 2004–2009 гг. на крайне низком уровне – 0.2–0.6%. В то же время снижение ЭИ моллюсков партенитами *M. pygmaeus* было не столь существенным, и значение этого показателя в 2004–2009 гг. колебалось в пределах 2.5–3% (Рис.). На наш взгляд, подобная динамика зараженности моллюсков партенитами рассматриваемых видов трематод определяется изменениями численности их окончательных хозяев. Для марины *M. pygmaeus* роль специфического хозяина играет обыкновенная гага (*Somateria molissima* (Linnaeus, 1758)), однако они могут развиваться и в чайковых птицах. Для *M. piriformes* чайки служат специфичными хозяевами, а гага малоспецифичным. В 1998–1999 гг. в районе проведения исследований наблюдались крупные скопления чаек, которых привлекало расположенное поблизости форелевое хозяйство. После его ликвидации в 1999 г. численность птиц резко снизилась до фонового для губы Чупа уровня (Ю.В. Краснов, персональное сообщение). Этот факт, по-видимому, и определил отме-

ченное нами снижение зараженности моллюсков партенитами *M. piriformes*. В то же время численность обыкновенной гаги оставалась фактически неизменной, что и определило стабильную зараженность моллюсков партенитами *M. pygmaeus*. Стабильно низкой (до 0.5%) на протяжении всего периода исследований оставалась и ЭИ литорин партенитами *M. pseudopygmaeus* и *M. triangulatus*, окончательным хозяином которых также служит гага.

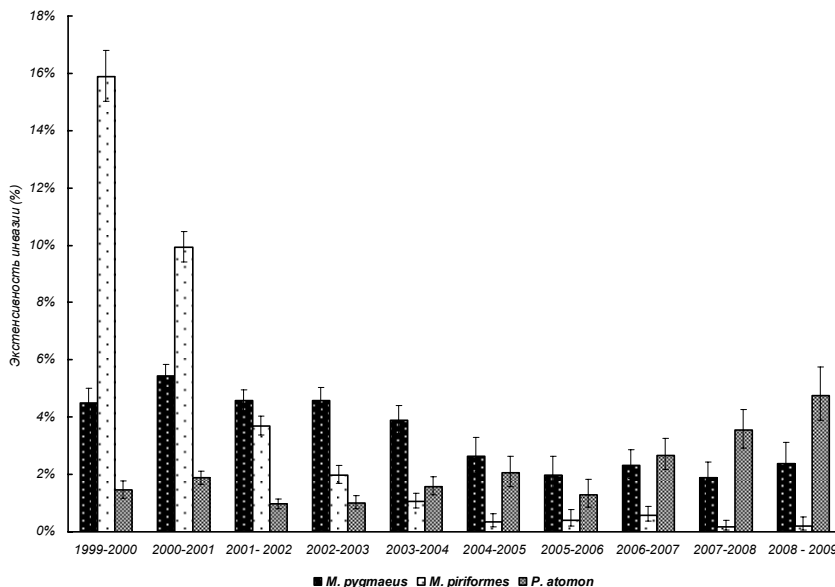


Рис. Межгодовая динамика зараженности моллюсков *Littorina saxatilis* и *Littorina obtusata* партенитами *Microphallus pygmaeus*, *Microphallus piriformes* и *Podocotyle atomon*.

По-иному выглядит многолетняя динамика зараженности литорин видами трематод, марицы которого паразитируют в чайках и куликах. ЭИ литорин видом *Microphallus similis* в 1999–2005 гг. сохранялась на стабильном уровне (0.6–0.8%), после чего снизилась вплоть до полного отсутствия заражения этим видом в 2008–2009 гг. Максимальная ЭИ литорин партенитами *Cryptocotyle lingua*, *Cercaria parvicaudata* и *Himasthla elongata* была отмечена в 1999–2001 гг., однако и тогда она не превышала 1.5%. В последующие два года значения этого показателя снизились до 0.1–0.2% и на протяжении дальнейшего периода наблюдений сохранялись на этом уровне для *Cr. lingua* и *C. parvicaudata*. Заражение же моллюсков партенитами *H. elongata* в 2007–2009 гг. отсутствовало полностью. Помимо отмеченного выше снижения численности чаек, выявленная картина многолетней динамики зараженности паразитами ржанковых связана, на наш взгляд, и с общим снижением численности этих птиц в районе исследования из-за усиления фактора антропогенного беспокойства (туризм).

Противоположенный характер носит многолетняя динамика зараженности литорин партенитами *Podocotyle atomon*. В 1999–2005 гг. ЭИ моллюсков этим паразитом составляла 1–1.5%, но с 2006 г. она стабильно росла, достигнув в 2009 г.  $4.8 \pm 0.8\%$  (Рис.). В число окончательных хозяев *P. atomon* входит трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus* (Linnaeus, 1758), численность которой в губе Чупа резко увеличилась, начиная с 2005 г. (Ivanova et al., 2009). Это, по-видимому, и обусловило рост зараженности литорин партенитами *P. atomon*.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №№ 07-04-01675 и 10-04-00430.

#### Список литературы

- Galaktionov K.V. Parasites of common animals and animals of market value / White Sea: ecology and environment. – St. Petersburg–Tromsø, 2001. P. 95–110.
- Ivanova T.S., Lajus D.L., Shatskikh E.V., Popov V.A. Spatial distribution of Threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.) in Keret Archipelago (Kandalaksha Bay of the White Sea.) / 13th European congress of ichthyology. 6–12<sup>th</sup> September, Abstract book, – Klaipeda, Klaipedos universitetas, 2009, P. 57.



## **БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ИХТИОФАУНЫ КРУПНЫХ РЕК ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**А.П. Новоселов**

Северный филиал ФГУП ПИНРО, Архангельск, e-mail: novoselov@sevpinro.ru

В условиях нестабильной экологической обстановки и ухудшения среды обитания проблема инвентаризации рыбного населения становится все более актуальной. В составе фауны крупных рек юго-восточного побережья Белого моря (Онега, Северная Двина и Мезень) общее название «рыбы» определяет два класса ныне живущих животных – рыбообразных (круглоротых) и костных рыб. В общей сложности, в ихтиофауне трех сравниваемых рек отмечено 35 таксонов, включая виды, подвиды и экологические формы, достаточно хорошо изолированные как географически, так и экологически. Сюда входят как виды, меняющие среду обитания в течение жизненного цикла (проходные миноговые, лососевые, корюшковые и полупроходные сиговые рыбы), так и типично пресноводные, ведущие оседлый образ жизни. Из них 31 составляют местную (нативную) ихтиофауну, т. е. присутствуют хотя бы в одном из сравниваемых водотоков, а 4 являются вселенцами, расширившими свой ареал в результате интродукции или саморасселения.

По количеству аборигенных видов рыб наибольшее видовое разнообразие характерно для рыбного населения р. Северной Двины (35 видов). Несколько меньшим количеством видов характеризуется р. Онега (32), наименьшим количеством (26) – р. Мезень. Характерной чертой ихтиофауны рассматриваемых рек является значительное количество аборигенных видов рыб холодноводного комплекса. Это лососеобразные, представленные семействами лососевых, сиговых, хариусовых и корюшковых. Их доля в составе рыбной части сообщества изменяется в среднем от 23.4% до 28.0%, составляя в Онежском бассейне 24.9%, Северодвинском – 23.4% и Мезенском бассейне 28.0%.

В бассейнах рек юго-восточного побережья Белого моря чужеродные рыбы-вселенцы появились в результате проведения акклиматизационных работ (дальневосточная горбуша), направленной интродукции (судак в бассейнах рек Онеги и Северной Двины), а также саморасселения каспийских (белоглазка, жерех) или балтийских (жерех) видов в Северодвинском бассейне. Следует отметить, что любое появление новых видов в водоемах Севера уже само по себе предполагает проблему, и должно сразу же привлекать внимание специалистов. Попав в новые условия, инвазивные виды могут угнетать, или даже полностью вытеснять аборигенные виды в силу своей биологической агрессивности, более высокой жизнеспособности и большего адаптивного потенциала. При этом невосполнимый ущерб может быть нанесен не только местным фаунам и биологическому разнообразию, но и экономическим интересам человека.

В систематическом отношении (с учетом новых видов) речная ихтиофауна представлена 15 семействами, среди которых по числу видов преобладают карповые (34.3%). Семейства лососевых, сиговых и окуневых характеризуются меньшим видовым разнообразием (по 8.6%), остальные включают по 1–2 вида. В зоогеографическом аспекте они относятся к 5 пресноводным и 1 морскому фаунистическим комплексам. Пресноводные комплексы в видовом отношении распределены достаточно равномерно (от 20 до 22%), морской бореальный атлантический фаунистический комплекс представлен лишь одним видом (2.0%) – речной камбалой. По характеру питания все виды, обитающие в рассматриваемых реках, относятся к четырем группам: бентофагам,

планктофагам, хищникам (включая хищно-паразитический тип питания миног) и эврифагам. Наибольшим количеством представлены хищные виды и рыбы со смешанным характером питания (эврифаги), составляющие по 40.0% от всего состава ихтиофауны. По типу размножения подавляющее большинство рыб в динамичных условиях северных рек используют для откладки икры определенный субстрат. Больше всего видов откладывают икру на каменистых (литофилы) и песчаных (псаммофилы) участках дна (соответственно 31. и 25.7%), а также на растительный субстрат (фитофилы – 28.6%).

В хозяйственном отношении все виды рыб, обитающие в рассматриваемых водотоках, могут быть отнесены к следующим категориям – ценные (34.3%) и второстепенные (31.4%) промысловые рыбы, непромысловые виды (25.7%) и объекты спортивно-любительского рыболовства (8.6%). Первые из них имеют повышенный спрос в силу высоких потребительских качеств, ко второй группе относятся в основном весенне-нерестующие частичковые рыбы, составляющих основу весеннего промысла в реках. Категория непромысловых рыб включает достаточно большую группу (четверть всех видов), не представляющую интереса для промысла или ввиду малочисленности, или в силу их низкой гастрономической ценности. Объекты спортивно-любительского рыболовства, несмотря на незначительное число видов, играют существенную роль в стимулировании и развитии рекреационных аспектов рыболовства.

В составе речной ихтиофауны, наряду с широко распространенными видами (62.9%), присутствуют рыбы с естественно ограниченным местообитанием (37.1%). В бассейнах рек юго-восточного побережья Белого моря обитают 3 вида рыб, занесенных в Красную книгу Архангельской области (2008). Это речной угорь *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), нельма *Stemodus leucichthys* (Güldenstädt, 1772) и обыкновенный подкаменщик *Cottus gobio* (Linnaeus, 1758). При этом два последних вида включены в список краснокнижных видов по формальному признаку и имеют категорию 7. Она свидетельствует о том, что вышеуказанным видам в рассматриваемых реках исчезновение не угрожает и их современное состояние не вызывает опасений.

Растущая экспансия южных карповых видов в водоемы Севера может быть следствием глобальных изменений, происходящих в природе и усиленных воздействием антропогенных факторов. При дальнейшем потеплении климата редкие и малочисленные виды карповых рыб, входящие в состав местной (нативной) ихтиофауны, могут значительно увеличить численность и активно расширить свой ареал. Эта проблема представляется достаточно серьезной и требует к себе особого внимания.

Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 130.

## **ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ГЕНЕТИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ ПОПУЛЯЦИЙ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ, НЕРЕСТЯЩЕГОСЯ В РЕКАХ БАССЕЙНОВ БЕЛОГО, БАРЕНЦЕВА И БАЛТИЙСКОГО МОРЕЙ**

**М.Ю. Озеров<sup>1</sup>, А.Е. Веселов<sup>2</sup>, Я. Лумме<sup>3</sup>, К.Р. Приммер<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет Турку, Финляндия, e-mail: mikhail.ozerov@utu.fi, craig.primmer@utu.fi

<sup>2</sup>Институт Биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия, e-mail: veselov@krc.karelia.ru

<sup>3</sup>Университет Оулу, Финляндия, e-mail: jaakko.lumme@oulu.fi

Быстро развивающееся междисциплинарное направление – ландшафтная генетика, объединяющая популяционную генетику, географические информационные системы и ландшафтную экологию, все чаще используется для изучения популяций. С помощью методик, применяемых в ландшафтной генетике, мы оценили роль экологических факторов в формировании генетической структуры популяций атлантического лосося (*Salmo salar* Linnaeus), распространенных на территории северо-запада России. Для проверки выдвинутых гипотез использованы данные генотипов 1531 особи по 14 микросателлитным локусам. Образцы лосося были собраны в 26 реках побережья Белого и Баренцева морей и в 11 реках, впадающих в Ладожское и Онежское озера.

Наиболее важными факторами, оказывающими влияние на генетическое разнообразие популяций атлантического лосося в регионе, являются площади нерестово-выростных участков. Данные показатели, вместе с комплексом гидрологических характеристик речных систем, таких как площадь водосбора и расход воды, для которых также была отмечена позитивная корреляция с генетической изменчивостью, отражают размер среды обитания популяций. Прослеживание более высокого генетического разнообразия у популяций Кольского полуострова, нерестящихся в речных системах с низким коэффициентом озерности, возможно обусловлено более высоким уровнем «стреинга», по сравнению с анадромными популяциями Карельского побережья Белого моря или пресноводными популяциями Ладожского и Онежского озер. Отмеченное снижение внутривидового генетического разнообразия с увеличением показателя относительного падения речной системы, наиболее вероятно, отражает препятствия для миграции лосося к нерестовым участкам, расположенным вверх по течению. Противоположный характер изменения генетического разнообразия лосося с увеличением географической широты, отмеченный для анадромных популяций Белого и Баренцева морей и для пресноводных популяций Балтийского бассейна, вероятно, обусловлен процессами схода ледника и последующей реколонизацией региона. В целом, наблюдаемые результаты свидетельствуют о высокой степени влияния экологических факторов на генетическую структуру популяций атлантического лосося, нерестящихся в реках северо-запада России. Объединение генетических и экологических методик, примененных в нашей работе, в дальнейшем позволит проводить более эффективный менеджмент и планирование сохранения генетических ресурсов, как атлантического лосося, так и других лососевых популяций в регионе.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРТОНИНА И FMRF-АМИДА НА СТАДИЯХ РАННЕГО ОНТОГЕНЕЗА СТРЕКАЮЩИХ *AURELIA AURITA* (SCYPHOZOA) И *GONOTHYRAEA LOVENI* (HYDROZOA)

Т.Д. Орлова (Майорова), И.А. Косевич

Московский Государственный Университет, e-mail: planyla@gmail.com, ikos@mail.ru

Многие представители Стрекающих (Cnidaria) в течение жизненного цикла претерпевают метаморфоз и, следовательно, смену жизненной формы.

*Gonothyraea loveni* (Hydrozoa, Campanulariidae) является морским колониальным гидроидным. Эмбриональное развитие и формирование личинки – планулы – происходят в медузоиде, после чего зрелые планулы покидают родительскую колонию. Личинка свободно плавает в толще воды, после чего оседает на подходящий субстрат аборальным (антериорным) полюсом. Осевшая планула претерпевает метаморфоз, в результате которого образуется первичный побег будущей колонии, покрытый перисарком.

*Aurelia aurita* (Scyphozoa, Semaestomeae) имеет сложный жизненный цикл со сменой жизненных форм и закономерным чередованием полового и бесполого размножения. Половое размножение присуще раздельнополой медузоидной форме. Эмбриональное развитие завершается формированием личинки планулы, которая покидает материнский организм и некоторое время ведет планктонный образ жизни. Затем планула оседает на субстрат аборальным полюсом и претерпевает метаморфоз, формируя полипидную форму, сцифистому, которая размножается бесполом путем. Одна из форм бесполого размножения сцифистом – стробилиция – ведет к появлению эфир, которые впоследствии трансформируются в половозрелую медузу.

Существенную роль в координации и реализации последовательных превращений из одной формы в другую выполняют нейропептиды и нейротрансмиттеры. Нейротрансмиттеры задействованы в качестве регуляторов морфогенеза и поведения. Нейропептиды представлены в эктодермальных сенсорных клетках и связанной с ними нервной сети.

Материал по *Gonothyraea loveni* и *Aurelia aurita* был собран в 2006–2009 годах на Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова МГУ имени М.В. Ломоносова (Кандалакшский залив Белого моря, Ругозерская губа, пролив Великая Салма).

Нами были исследованы стадии раннего онтогенеза *Gonothyraea loveni* и *Aurelia aurita* до формирования первичного побега колонии или первичной сцифистомы соответственно. При помощи метода иммуногистохимии были изучены пространственно-временные паттерны серотонина, FMRF-амида, тирозинированного и ацетилированного тубулина. Результат визуализировали при помощи конфокальной микроскопии. Кроме того, для эмбрионов и планул *G. loveni* был проведен ряд экспериментов по внесению в культуру с животными экзогенного серотонина или его блокаторов.

Основным результатом работы стало обнаружение серотонина в апикальном органе планул *Gonothyraea loveni* и *Aurelia aurita*. Апикальный орган находится на переднем полюсе личинки и состоит из столбчатых эпидермальных клеток (более высоких, чем в окружающей эпидерме). В апикальном органе содержатся нейрональные клетки, благодаря чему его считают сенсорной структурой, позволяющей личинке получать

внешние сигналы среды и выбирать подходящий субстрат для оседания и метаморфоза. Интересно, что в апикальный орган *A. aurita* метка к серотонину начинает включаться уже на стадии препланулы, в то время как у *G. loveni* серотонин удается выявить лишь на более поздних стадиях. В апикальном органе *A. aurita* также выявлен FMRF-амид. У *G. loveni* он детектируется только в везикулах отдельных эпидермальных клеток и не обнаружен в апикальном органе. Тирозинированный и ацетилированный тубулин – предполагаемые нейральные маркеры – выявлены на стадии планулы у *A. aurita* и *G. loveni*, однако их паттерны различны. Тирозинированный тубулин локализован в некоторых эпидермальных клетках, в то время как метка к ацетилированному тубулину включается в длинные отростки предположительно нервных клеток, которые проходят в мезоглею вдоль длинной оси тела планулы.

В период метаморфоза ни один из нейральных маркеров у обоих видов не выявлен. Это согласуется с предположениями о том, что перед вступлением в метаморфоз ларвальная нервная система полностью деградирует, а после метаморфоза *de novo* формируется нервная система взрослого организма.

Чтобы доказать роль серотонина в передаче сигналов о метаморфозе были проведены эксперименты по внесению в культуру с планулами *Gonothyraea loveni* блокаторов серотониновых рецепторов и серотонинового транспорта. Блокаторы серотониновых рецепторов не дали специфического эффекта, в высоких концентрациях вызывая летальный исход. Однако, блокатор серотонинового транспорта (белка транспортера SERT) имипрамин оказал специфическое подавление метаморфоза, которое частично снималось при введении в культуру серотонина, что доказывает специфичность воздействия. Эти опыты подтверждают не только связь серотонина с процессами метаморфоза, но также сходство некоторых биохимических цепей реакций, в которых участвует серотонин, у низших и высших многоклеточных. Однако, система рецепции серотонина у гидроидных на личиночной стадии несколько иная, чем это было показано на представителях высших таксонов, где испытанные вещества оказывали специфический ингибирующий эффект на развитие. Напротив, механизм транспорта серотонина белком SERT, скорее всего, идентичен. В данный момент необходимо установить, в каких именно клетках планулы работает SERT и на какой стадии онтогенеза, а также выяснить возможную роль выброса и захвата серотонина в данном процессе.

Работа поддержана контрактами с Роснаукой № 02.740.11.0280 и Рособразованием № П1291, а также программой Ведущих научных школ НШ-4456.2010.4

## МОРФОЛОГИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ ВОДНОГО ТЕЛА БЕЛОГО МОРЯ

**А.Н. Пантюлин**

Московский государственный университет, e-mail: apantiulin@newmail.ru

Одна из кардинальных проблем мореведения – это проблема методологии, а, точнее, ее отсутствия. Методология океанологии сформировалась в океанских бассейнах и была перенесена на морские акватории по принципу: *море – это маленький океан*. Таким образом, в морях появились подобные океанским схемы общей циркуляции и структуры вод. Мореведение унаследовало и главные пороки этой методологии: глубокую дифференциацию исследований по пространственным и временным масштабам, по научным направлениям; низкий уровень междисциплинарного взаимодействия; слабое развитие сравнительных исследований. На примере Белого моря предлагается новый алгоритм изучения и модель структурной организации моря, основанные на принципах *индивидуальности, интегральности и сравнительности*.

Морфология водного тела Белого моря рассматривает закономерности его формы и внутреннего строения. Форма моря включает боковую поверхность (береговую линию), нижнюю поверхность (рельеф дна), верхнюю поверхность (уровень моря) и внешнюю границу моря. Индивидуальные особенности береговой линии Белого моря позволяют его структурировать универсальным образом, что было замечено еще давно. Александр Фомин в книге «Описание Белого моря с его берегами и островами», опубликованной в 1797 году, писал: «Все вообще Белое море, по отношению к всемирному Океану, есть залив морской; но относительно к его нарочитому пространству, носит имя моря, собственно разделяющегося на большие и малые заливы или губы». В современной научной терминологии Белое море представляет собой *иерархическую эстуарную систему*. В противовес существующим частным определениям эстуария (число которых перевалило за 40) в данном контексте эстуарий – это взаимодействие разнородных (пресных и соленых или разной солености) водных масс в некотором топографическом обрамлении и при активном участии приливов. Эстуарное многообразие Белого моря включает четыре размерных диапазона эстуариев и три уровня эстуарных систем. Белое море в целом составляет верхний уровень иерархии – *макроэстуарий* с масштабом 500 км. В то же время Белое море – эстуарная система, включающая 4 залива – *мезоэстуария* с масштабом 100 км. Кандалакшский залив с его изрезанной береговой линией в свою очередь образует эстуарную систему второго уровня, состоящую из примерно 40 губ – *типичных эстуариев* с масштабом 1–35 км. Среди последних есть эстуарные системы третьего порядка (Великая Салма с Ругозерской губой, Чупа с Керетью). Последний уровень иерархии составляют *микроэстуарии* с масштабом 0.01–0.5 км. Это литоральные водоемы (заливы-фестоны, лужи), а также широкий спектр отделяющихся в связи с подъемом берегов Кандалакшского залива водоемов. Предлагаемый структурный подход дает возможность сравнительного изучения в единой методологии разномасштабных объектов от моря в целом до литоральных луж, используя обширный опыт эстуарной науки.

Внутреннее строение (структура) водного тела Белого моря есть рациональный компромисс между непрерывностью (водной субстанции) и дискретностью (распределения свойств). Водное тело может быть *структурировано многообразно* в зависимости от выбранных свойств, степени детализации и целей. Температура, соленость и зависящая от них плотность воды выполняют особые структурные и динамические функции. Вертикальная стратификация плотности – это «скелет» водного тела. Нелинейные

свойства морской воды в условиях Белого моря обуславливают определяющее влияние солёности на стратификацию, а температуре отводят роль структурного маркера. Горизонтальная неоднородность плотности – агент движения внутри водного тела. Самая главная особенность структурной организации Белого моря – повторяющееся в эстуарной иерархии чередование *горизонтально стратифицированных и вертикально стратифицированных термохалинных структур и фронтальных зон между ними*. Горизонтально стратифицированная структура в северной части моря (Воронка и Горло) переходит в вертикально стратифицированную структуру Бассейна – это на уровне макроэстуария. Комбинация повторяется в Онежском заливе – мезоэстуарии, затем в некоторых типичных эстуариях Кандалакшского залива. Суммарные площади, занимаемые разными структурами в пределах моря примерно равны. Вертикально стратифицированная структура Бассейна и смежных заливов в первом приближении *трехслойна*, что особенно четко видно зимой: холодный конвективный слой на поверхности, холодный адвективный слой у дна и тёплый промежуточный слой между ними. Но летом структура существенно перестраивается, неизменным остается только глубинный слой. Поверхностный слой прогревается и опресняется, но его отделяет от промежуточного слоя холодная прослойка – остаток зимней конвекции. Кроме того, в промежуточный слой летом и осенью происходит с разной интенсивностью адвекция вод из Горла. В зависимости от задачи число выделяемых слоев в летний период может изменяться от двух до шести.

Под физиологией водного тела понимается общая динамика и интенсивность внутреннего обновления вод. Динамика вод Белого моря имеет сложный и разнообразный характер и не может быть сведена к традиционным схемам общей циркуляции. Она включает различные динамические компоненты: трансфронтальный перенос, межслойные перемещения, эстуарные циркуляции, апвеллинг, Двинское течение, дисперсионный перенос в областях с экстремально сильными приливами, вихревые структуры.

Белое море отличается высокой скоростью обновления вод во всех слоях. Выполнена классификация типичных для эстуариев всех масштабов котловин моря по механизмам обновления вод, характеру и степени трансформации характеристик. Выделены котловины с конвективным и адвективным механизмами обновления вод, без перемешивания и с перемешиванием на порогах, с однократным и многократным обновлением в течение года, с полной или избирательной трансформацией вод и не подверженные сезонной трансформации. Обнаружены котловины, в которых обменные процессы происходят на уровне молекулярного перемешивания.

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИЧИНОК СЕЛЬДИ *CLUPEA PALLASII MARISALBI* BERG В ОНЕЖСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ**

**Л.В. Парухина**

Северный филиал ПИНРО, Архангельск, e-mail: luda@sevpinro.ru

В Онежском заливе размножается значительная часть популяции беломорской сельди. Сроки и условия нереста здесь отличаются от таковых в Кандалакшском заливе. Онежская сельдь нерестует позже, чаще всего в мае–июне, по открытой воде, прогретой до 3–5°C. Нерест проходит в несколько этапов и может длиться до месяца и более. Численность и сроки появления личинок сельди в составе ихтиопланктона подвержены значительным колебаниям. Это обусловлено комплексом факторов, важнейшим из которых является гидрометеорологическая обстановка.

В данной работе рассматривается распределение личинок беломорской сельди в Онежском заливе в 2007 и 2008 гг. Сборы ихтиопланктона выполнялись на 28 станциях в одни и те же сроки – с 6 по 10 июня. Применялись икорные сети с диаметром входного отверстия 80 см, а на мелководье – 50 см. Лов производился горизонтальным способом у поверхности воды и, там где позволяли глубины – на 10 м. Для сравнения данных численность рассчитана на 100 м<sup>3</sup> с использованием коэффициентов уловистости сетей. Проанализировано 77 проб.

В весенний период 2007 г. прогрев вод в заливе шел интенсивными темпами. По данным ГМС, в мае средняя температура воды в районе Соловецких островов составила 3.3°C, в районе Сорокской губы – 5.5°C, а в кутовой части залива – 8.6°C. Такой характер прогрева сохранялся до третьей декады июня, затем наступило похолодание, и рост температуры воды замедлился. В кутовой части залива в этот период наблюдалось даже некоторое ее понижение.

В период выполнения работ, с 6 по 10 июня 2007 г., температура поверхности воды в местах отбора проб колебалась от 3.8 до 11.8°C и в среднем составила 8.7°C.

Личинки беломорской сельди в 2007 г. отмечались более чем на половине станций, в основном в верхнем слое воды. Они были довольно широко распространены по заливу, но чаще встречались в его наиболее прогретой вершинной части (рис.).

Так, в районе устья реки Тамицы была зарегистрирована самая высокая численность личинок – 411.1 экз./100м<sup>3</sup>, в соседней губе Кянда она составила 95.1 экз./100м<sup>3</sup>, в губе Ухта, на траверзе д. Лямца, на Кушерецком рейде и у о. Баклан она изменялась от 10.3 до 34.4 экз./100м<sup>3</sup>. Значительное количество личинок сельди было сконцентрировано также недалеко от места впадения реки Нюхчи – 71.1 экз./100м<sup>3</sup>. В северо-западной части залива относительно высокой оказалась численность личинок сельди в Сорокской губе, причем в этом районе они были почти равномерно распределены в толще воды – их численность в поверхностном слое составила 42.6 экз./100м<sup>3</sup>, а на глубине 10 м – 35.2 экз./100м<sup>3</sup>. Отмечены единичные встречи личинок сельди у восточного берега – у м. Чесменского и в губе Пушлахта.

Размерный ряд личинок оказался довольно широк – встречались как мелкие, не более 5 мм, так и вполне сформировавшиеся особи длиной до 14.8 мм. Присутствие подросших личинок указывает на относительно раннее начало их выклева в сезон 2007 г.

Весной 2008 г. гидрометеорологическая обстановка в заливе существенно отличалась от таковой в 2007 г. Прогрев воды задержался, и ее температура характеризовалась более низкими значениями, чем в тот же период 2007 г. Так, у Соловецких островов в



мае она составила в среднем  $0.9^{\circ}\text{C}$ , в районе Сорокской губы –  $4.4^{\circ}\text{C}$ , а в вершине залива –  $5.0^{\circ}\text{C}$  (по данным ГМС). Кроме того, наблюдались частые ветра северных направлений. В ходе съемки с 6 по 10 июня 2008 г. температура воды на станциях находилась в пределах от  $2.5$  до  $9.4^{\circ}\text{C}$ , с преобладанием невысоких значений, и в среднем она составила  $4.9^{\circ}\text{C}$ .

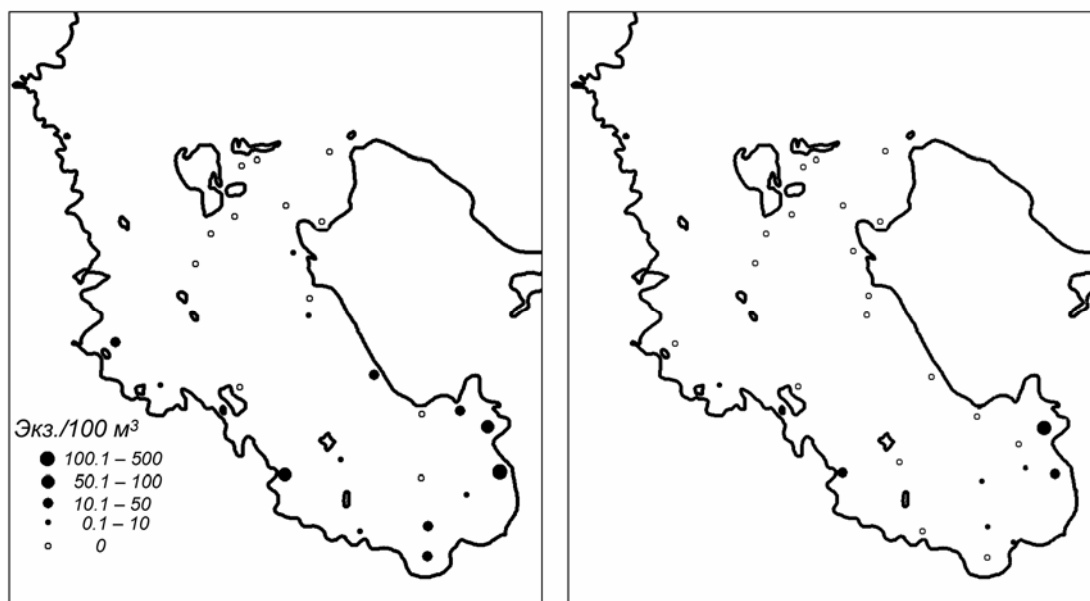


Рис. Распределение личинок сельди в Онежском заливе Белого моря в первой декаде июля 2007 г. (слева) и 2008 г. (справа), поверхностные слои воды.

В целом с наступлением июня ситуация изменилась, начался быстрый и без выраженных колебаний прогрев воды, в результате чего к концу месяца ее температурные показатели выросли.

Личинки сельди в 2008 г. встречались заметно реже, распространение их было ограничено в основном кустовой частью залива (см. рис.). Наибольшая концентрация зарегистрирована в губе Кянда –  $184.5$  экз./ $100\text{м}^3$ , в районе Тамицы она составила  $13.7$  экз./ $100\text{м}^3$ , а в традиционном месте нереста сельди – районе Нюхчи, –  $14.5$  экз./ $100\text{м}^3$ . В остальных случаях отмечены лишь единичные личинки. Несколько штук было поймано в Сумской губе.

Следует отметить, что личинки сельди встречались в районах, где температура воды была не ниже  $5^{\circ}\text{C}$ .

Очевидно, что материалы съемки 2008 г. отражают лишь момент начала выклева личинок сельди в заливе. На это указывают как характер их распределения, так и небольшие размеры –  $7.2$  мм в среднем, при колебаниях от  $5.1$  до  $10.6$  мм.

На основании полученных материалов о распределении личинок можно заключить, что в 2007–2008 гг. в Онежском заливе первые, наиболее мощные подходы сельди на нерест наблюдались в его юго-восточную часть – к устью Тамицы, в губы Кянда и Ухта, а по западной части залива – в район Нюхчи. В этих местах отмечены повышенные концентрации ранних личинок сельди в первую декаду июня.

Чуть позже проходил нерест в устьевых частях реки Онеги – у Кий-острова, островов Шоглы, Осинки и Баклан, у м. Ворзогорского и в ряде других мест кустовой части залива, а также в районе Соловецких островов, Сорокской и Сумской губах. У восточного берега залива скоплений личинок не обнаружено.

В зависимости от мощности нерестового стада, уровня материкового стока, сложившихся гидрометеорологических условий сроки подходов сельди на нерестилища и степень их использования в пределах залива могут меняться.

При высокой численности личинки сельди распространяются по акватории залива более широко.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОМЫСЛА НАВАГИ БЕЛОГО МОРЯ

**С.В. Пастухов**

Северный филиал ПИНРО, Архангельск, e-mail: pastukhov@sevpinro.ru

Ледовитоморская навага *Eleginus navaga* (Pallas, 1814) является основным объектом зимнего промысла в прибрежных водах Белого моря. К основным районам промысла относятся: Поморский берег Онежского залива от Шуерецкой губы до реки Нюхча, Летний берег Двинского залива с центром в Унской губе, восточная часть Мезенского залива и западный берег Канинского полуострова вблизи устьев рек Шойна, Чижа, Кия и др. Лов наваги производится с декабря по середину февраля.

Наиболее мелкими размерами отличается навага в Двинском заливе (средняя промысловая длина в путину 2008–2009 гг. составила 21,3 см, средняя масса – 69 г). В Онежском заливе (губа Колежма) средняя длина – 23,4 см, средняя масса – 85 г. Крупная навага ловится в Мезенско-Канинском районе (средняя длина в устье реки Шойна в путину 2008–2009 гг. – 27,6 см, средняя масса 153 г).

В Онежском и Двинском заливах основная масса наваги созревает на втором году жизни, а навага Мезенско-Канинского промыслового района – на третьем году жизни. Промысел в Онежском и Двинском заливах базируется, как правило, на какой-либо одной возрастной группе (2, 3 или 4-летки) в зависимости от урожайности поколения. Преобладающие возрастные группы в разные годы составляют от 70% до 92% вылова. Особи старших возрастов (5–6 лет) встречаются в уловах редко.

В Мезенско-Канинском районе промысел базируется на 3–5-летках приблизительно в равных пропорциях. Прилов наваги 2-летнего возраста незначителен. Присутствие в уловах 7–9-летних особей говорит о недоиспользовании запасов наваги.

Существующими правилами рыболовства промысловый размер наваги при осуществлении промышленного, так и любительского и спортивного рыболовства установлен в 18 см для Мезенского залива и Воронки Белого моря; навага остальной части бассейна Белого моря имеет промысловый размер 17 см (AD). Прилов рыб менее промыслового размера при промышленном рыболовстве не должен превышать 5%. Размер ячеи в куту ловушек при лове наваги не должен превышать 24 мм в Мезенском заливе и Воронке Белого моря и 22 мм — в остальных частях Белого моря.

Однако, рыбаки отдаленных районов промысла, при отсутствии контроля со стороны органов рыбоохраны, устанавливают орудия лова с ячеей в куту гораздо меньшего размера (12–16 мм), чем разрешенный. Прилов маломерной наваги бывает довольно значительным, достигая 80% по счету к общему количеству рыбы в ловушках. На местах промысла на лед поднимаются десятки тонн мелкой наваги (баклана). «Баклан» после сортировки рыбы сваливается под лед. Понятно, что при сильных морозах из «отпускаемой» молодежи выживает лишь несколько процентов.

Кроме описанной проблемы высокой промысловой смертности молодежи наваги, существует еще и проблема утаивания реальных объемов вылова. Рыбаки, работающие в рыболовецких колхозах, при первой же возможности сами реализуют рыбу частным перекупщикам. Таким образом, в официальной статистике фигурирует только сданная в колхоз рыба, т. е. часть уловов, как правило, гораздо меньшая. Реальный вылов, в данном случае, учесть невозможно. В районах же, где лов наваги (и прочей рыбы) ведется бесконтрольно, и только частными лицами, остается только догадываться об объ-

емах выловов. По нашим оценкам, на разных промысловых участках утаивается от 20 до 100% уловов наваги.

Несмотря на сильно заниженные цифры выловов в официальной статистике, следует признать, что в целом по всем районам промысел ведется слабо и рекомендованные объемы вылова не осваиваются. Особенно хорошо это прослеживается в сравнении с позапрошлым десятилетием (таблица).

Таблица

Средние уловы наваги, т за период 1982–2009 гг. по районам промысла

Район промысла	1982–1990	1991–2000	2001–2009
Онежский залив Белого моря	568.5	312.9	255.2
Двинский залив Белого моря	559.4	164.4	205.1
Мезенско-Канинский район	772.2	303.9	214

Основной причиной снижения уловов наваги в последние 20 лет явилось разрушение централизованной закупки рыбы у рыбопромысловых организаций – колхозов. Как следствие, многие колхозы также прекратили свое существование. В последние несколько лет система скупки рыбы понемногу начала восстанавливаться за счет частных предпринимателей. Но цепочка перекупщиков привела к значительному увеличению стоимости рыбы для потребителя.

Кроме того, на промысел наваги значительное влияние оказывают и погодные условия. Начиная с путины 2006–2007 гг. рыбаки не могли выставлять орудия лова вовремя по причине отсутствия льда. В результате пропускали самые мощные преднерестовые подходы наваги, и уловы сокращались минимум в два раза.

Заморозка наваги требует температуры воздуха  $-10 \div -12^{\circ}\text{C}$ , между тем отсутствие морозов и длительные оттепели в последние четыре года не позволяли замораживать рыбу на воздухе. Морозильных установок в местах промысла осталось крайне мало, или они вовсе отсутствуют. Парную же навагу покупать никто не станет. Поэтому рюжи часто не осматриваются по 5–12 дней, что отрицательно сказывается на уловах и качестве продукции.

Таким образом, главным препятствием для восстановления полноценного промысла наваги в Белом море является отсутствие нормальной инфраструктуры для сбыта выловленной рыбы.

Для рационализации и повышения эффективности традиционного прибрежного промысла, основанного на зимних нерестовых подходах наваги, необходимо:

- воссоздать централизованную систему скупа и вывоза рыбы с рыбучастков Мезенско-Канинского промыслового района в Мезень и далее в Архангельск, что позволит снизить общие транспортные расходы и оживить промысел;
- возобновить промысел на ранее действовавших на побережье промысловых участках.

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МУСКУЛАТУРЫ МОЗГА У БЕЛОМОРСКИХ ТУРБЕЛЛЯРИЙ-МОНОЦЕЛИДИД (PROSERIATA, MONOCELIDIDAE)

**А.А. Петров**

Зоологический институт РАН, С.-Петербург, e-mail: a.pet@mail.ru

Специализированные мышечные волокна, тесно связанные с мозгом и обычно окружающие его в виде сеточки или капсулы, известны у многих видов турбеллярий. В ряде случаев мышечные волокна погружаются вглубь мозговой ткани и могут пересекать нейропил в различных направлениях. Считается, что расположение и форма связанных с мозгом мышечных волокон более или менее случайны, однако недавно на одном из видов турбеллярий были получены данные, свидетельствующие о высокой упорядоченности расположения этих волокон (Morris et al., 2007).

Цель настоящего исследования состояла в изучении организации мускулатуры мозга методами конфокальной микроскопии у представителей трех видов турбеллярий из семейства Monocelididae (*Archilopsis spinosa* (Jensen, 1878), *Monocelis fusca* Ørsted, 1843 и *M. lineata* (Müller, 1774)), собранных в районе Беломорской биологической станции ЗИН РАН. Тотальные препараты турбеллярий окрашивались фаллоидином-TRITC (Sigma-Aldrich) и исследовались на конфокальном лазерном сканирующем микроскопе Leica TCS SP5.

Исследование позволило получить трехмерную картину организации мускулатуры мозга и выявить несколько различных групп мышц, характерных для всех трех видов. Большая часть волокон окружает мозг в виде мышечной капсулы, но некоторые из волокон идут вглубь нейропиля. Часть волокон подходит к статоцисту, расположенному на фронтальной стороне мозга. Волокна мускулатуры мозга, по всей видимости, являются дериватами продольных мышц стенки тела. Организация и расположение мышечных волокон носят видоспецифичный характер: у всех экземпляров одного вида волокна расположены одинаково, но у разных видов их расположение различно. В частности, у *Archilopsis spinosa* наблюдается характерное перекрещивание продольных мышечных волокон в основании мозга, тогда как у представителей рода *Monocelis* такое перекрещивание отсутствует. Не исключено, что особенности организации мускулатуры турбеллярий, связанной со структурами центральной нервной системой, могут быть в дальнейшем использованы в качестве диагностических или таксономически значимых признаков на родовом или видовом уровне.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 09-04-01309.

Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 140–141.

## МОРФОЛОГИЯ И АНАТОМИЯ РАКООБРАЗНЫХ КЛАССА TANTULOCARIDA

**А.С. Петрунина, Г.А. Колбасов**

Московский государственный университет, a-sergevna@mail.ru

Тантулокариды — самые мелкие из ныне известных ракообразных. Они являются эктопаразитами других бентосных ракообразных, таких как Ostracoda, Tanaidacea, Isopoda, Cumacea, Amphipoda и Copepoda. Характерной особенностью тантулокарид являются сложный жизненный цикл со сменой половой и партеногенетической фаз (Huys et al., 1993), а также отсутствие типичной для других ракообразных линьки. Первые находки этих мельчайших паразитических ракообразных были сделаны еще в начале XX века (Bonnier, 1903), однако их активное изучение началось с 1983 года, когда был выделен класс Tantulocarida (Boxshall, Lincoln, 1983). С тех пор описано более 30 видов, относящихся к 20 родам и 5 семействам. Однако до сих пор ультратонкая морфология и анатомия этих животных исследованы крайне слабо.

С 2005 по 2009 годы на Белом море был собран обширный материал по двум видам: *Arcticotantulus pertzovi* Kornev, Tchesunov, Rybnikov, 2004 и *Microdajus tchesunovi* Kolbasov et Savchenko, 2009. Нами найдены различные жизненные стадии этих видов, которые были исследованы при помощи трансмиссионной (ТЭМ) и сканирующей (СЭМ) электронной микроскопии. Впервые получены данные по внутреннему строению тантулокарид. Исследования при помощи ТЭМ показали, что в цефалоне личинки тантулюса располагается непарный стилет, которым тантулюс прокалывает покровы хозяина. В своей проксимальной части стилет полый, однако на конце он сплошной и имеет диаметр всего около 1 мкм, что исключает возможность впрыскивания через него внутрь хозяина каких-либо веществ из паразита. Внутри цефалона расположена кутикулярная кишка. Дистальный конец стилета находится в просвете кишки, а его проксимальная часть лежит в собственной полости, соединяющейся с кишкой. Мы не обнаружили какие-либо мышечные структуры, ассоциированные непосредственно со стилетом. Содержимое кишки свидетельствует в пользу питания тантулокарид не клеточной тканевой жидкостью хозяина (гемолимфой). Дорзальнее стилета располагается хоботок, который у свободных тантулюсов может выворачиваться наружу через отдельное отверстие, расположенное выше ротового на прикрепительном диске (Huys et al., 1992). Внутри хоботка залегают 4 канала (протока) желез, вероятно, выделяющих клеящий «цемент», необходимый для прикрепления к хозяину. Было показано наличие, так называемой, корневидной или заякоривающей структуры в теле хозяина непосредственно под местом прикрепления паразита. По-видимому, эта структура необходима для питания паразита, так как увеличивает всасывающую поверхность (само ротовое отверстие не более 1 мкм в диаметре).

Впервые для тантулокарид выведены дефинитивные самцы двух видов из Белого моря: *Arcticotantulus pertzovi* и *Microdajus tchesunovi*. При помощи СЭМ изучена их ультраструктура. Показано наличие на цефалотораксе 7 пар пор, несущих сенсиллы, что является общим признаком самцов всех тантулокарид. Подробно исследовано строение плавательных торакоподов. Для вида *Arcticotantulus pertzovi* показано наличие медиальных щетинковидных эндитов у всех торакоподов с 2 по 6, у *Microdajus tchesunovi* эндиты присутствуют на первых пяти торакоподах. На седьмом туловищном сегменте тела самца располагается непарный пенис, дистальная изогнутая часть которого подвижно причленяется к более массивному неподвижному основанию. Пенис

имеет парный проток, что говорит о его вероятном происхождении от парных конечностей. Получены первые данные об анатомии самцов тантулокаррид. Головные конечности представлены только рудиментарными антеннулами с пучком из 4 эстетасков. Цефалоторакс самца почти полностью заполнен тканью, имеющей крайне необычное сотовидное строение и, скорее всего, выполняющей запасную функцию, так как сам самец не питается. Каждая пора цефалоторакса несет единственную сенсиллу с ветвящейся дистальной частью.

Работа поддержана контрактами с Роснаукой № 02.740.11.0280 и Рособразованием № П1291, а также программой Ведущих научных школ НШ-4456.2010.4 и грантом РФФИ 09-04-00916-а.

#### **Список литературы**

- Huys R., Boxshall G.A., Lincoln R.J. The tantulocaridan life cycle: the circle closed? // *Journal of Crustacean Biology*, 1993. V. 13, № 3. P. 432–442.
- Bonnier J. Sur deux types nouveaux d'Epicarides parasites d'un Cumacé et d'un Schizopode // *Compte rendu hebdomadaire des séances de l'Académie des sciences, Paris*. 1903. V. 136. P. 102–103.
- Boxshall G.A., Lincoln R.J. Tantulocarida, a new class of Crustacea ectoparasitic on other crustaceans // *Journal of Crustacean Biology*. 1983. V. 3, № 1. P. 1–16.
- Huys R., Andersen P.F., Kristensen R.M. *Tantulacus hoegi* gen. et sp. nov. (Tantulocarida: Deoterthridae) from the meiobenthos of the Faroe Bank, North Atlantic // *Sarsia*. 1992. V. 76. P. 287–297.

*Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. XI Всероссийская конференция с международным участием. 9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С.142–143.*

## ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕТНЕГО ЗООПЛАНКТОНА БЕЛОГО И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

И.М. Примаков<sup>1</sup>, Е.А. Кузнецова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Зоологический институт РАН, С.-Петербург, e-mail: iprimakov@yandex.ru

<sup>2</sup>С.-Петербургский государственный университет, e-mail: katerina-kuz@bk.ru

Зоопланктон является важным звеном в экосистемах Мирового Океана. Он служит объектом питания многих видов беспозвоночных и рыб, в том числе и промысловых. В формировании продуктивности зоопланктона Белого и Баренцева морей первостепенное значение принадлежит отряду Copepoda. Почти повсеместно они составляют основу биомассы планктонного сообщества. Несмотря на то, что видовой состав планктонной фауны Белого моря по сравнению с соседним Баренцевым морем беднее, по количественным показателям поверхностный прибрежный зоопланктон Белого моря не уступает Баренцевоморскому.

Целью данной работы явилось изучение пространственного распределения массовых видов планктонных копепод, населяющих Белое и юго-восточную часть Баренцева моря. Материал, использованный в работе, в основном был собран в результате рейсов выполненных на НИС Беломорской биостанции ЗИН РАН, в том числе при непосредственном участии авторов. Часть материала по Баренцеву морю была любезно предоставлена д.б.н. Э.Л. Орловой (ПИНРО). Всего было обработано 279 зоопланктонных проб собранных на 111 станциях (рис.). Для анализа горизонтального распределения зоопланктона, с помощью программы Surfer 8.01 (Golden Software Inc.), были построены карты изолиний численности для отдельных видов.

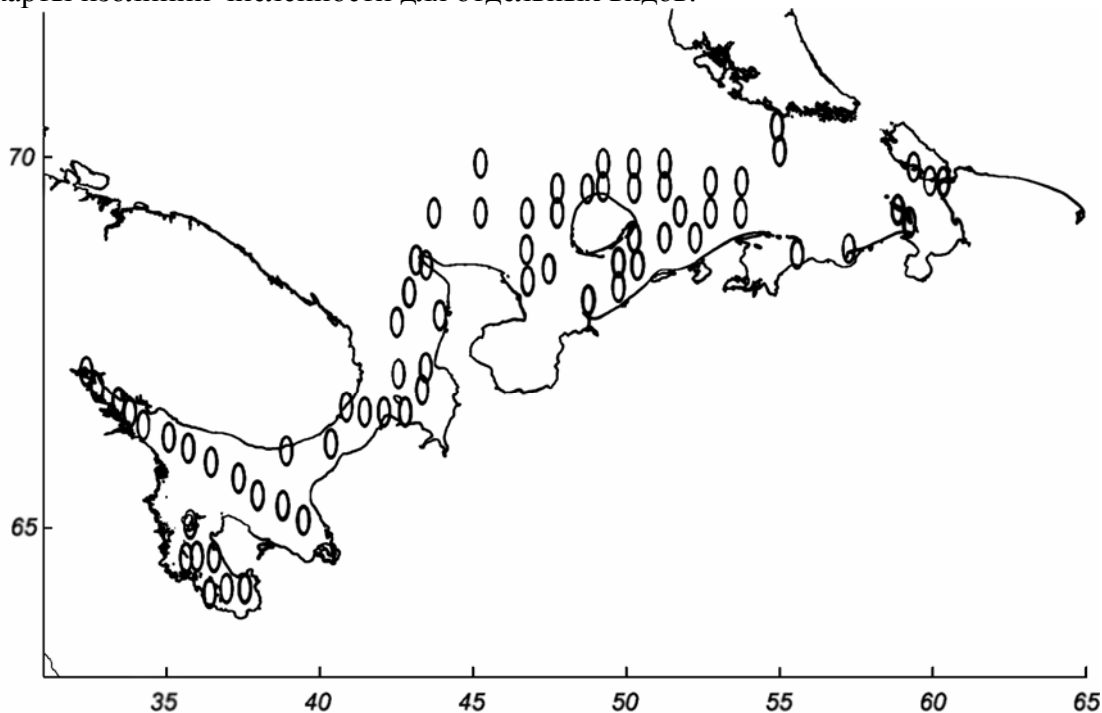


Рис. Расположение станций на исследуемой акватории

Оказалось, что в летний период в обоих морях наиболее массово представлены эвритермные виды: космополит *Oithona similis* и аркто-бореальный *Pseudocalanus minutus*, обитающие в весьма широких температурных границах ( $t_{opt.} = 4.4-10.5^{\circ}\text{C}$ ).

Тепловодные неритические виды, такие как *Temora longicornis*, *Centropages hamatus* и *Acartia longiremis* играют важную роль в пелагиали Белого моря. Они имеют сходные области распространения, оптимальные температуры для этих видов составляют  $8.2-12.4^{\circ}\text{C}$ . Летом, когда численность популяции достигает максимума, рачки встречаются по всему бассейну Белого моря. Наибольшая численность отмечается в прибрежной зоне и на мелководьях, которые хорошо прогреваются в летний период (Перцова, 1974). В юго-восточной части Баренцева моря неритический комплекс представлен преимущественно *Temora longicornis* (Зеликман, 1961) максимальная численность которой также приурочена к прибрежным районам.

Арктический холодноводный *C. glacialis* ( $t_{opt.} = 0.2-6.1^{\circ}\text{C}$ ) является характерным видом для Белого моря и северной части Баренцева моря (Яшнов, 1955; Перцова, Пантюлин, 2005). Причем в Белом море, в период максимального летнего прогрева вод, он концентрируется в глубоководных районах (Бассейне и Кандалакшском заливе). В южной части Баренцева моря в массе встречается другой вид, *C. finmarchicus*, относящийся к числу бореальных видов. Как и *C. glacialis*, в летнее время этот рачок опускается в придонные слои (Мантейфель, 1960). Ареалы этих видов частично перекрываются: в Белом море отмечаются единичные находки *C. finmarchicus* (Перцова, Кособокова, 1990), а *C. glacialis* встречается и в юго-восточной части Баренцева моря (Трошков, 2000). Нами он был отмечен у острова Колгуев на глубинах свыше 10 м и у острова Вайгач в верхнем 10-ти метровом горизонте, где вода даже в поверхности не прогревается выше  $+3^{\circ}\text{C}$ .

*Metridia longa* ( $t_{opt.} = -0.1 - +2.3^{\circ}\text{C}$ ) – арктический холодноводный вид, характерный в основном для глубоководных районов Белого моря – Бассейна, Кандалакшского и Двинского заливов (Перцова, Пантюлин, 2005). В юго-восточной части Баренцева моря этот вид встречается лишь единично (Зеликман, 1961).

Таким образом, температура играет ключевую роль, как в горизонтальном, так и вертикальном распределении зоопланктона. Наиболее холодолюбивый вид *Metridia longa* встречается в Белом море на горизонтах свыше 50 м при температурах близких к нулю. *Calanus glacialis* летом располагается под термоклином: в Белом море – ниже 25 м, а в Баренцевом – ниже 10 м. При этом в самой восточной части Баренцева моря, у о-ва Вайгач, он обычен и в горизонте 0-10 м при температурах около  $+3^{\circ}\text{C}$ . Тепловодные виды *Temora longicornis*, *Centropages hamatus* и *Acartia longiremis* летом встречаются по всему бассейну Белого моря, но наиболее обильны в прибрежной зоне и на мелководьях. Максимальные численности этих видов отмечаются в Онежском заливе при температурах около  $+10^{\circ}\text{C}$ . Наиболее широко в обоих морях представлены эвритермные *Oithona similis* и *Pseudocalanus minutus*.



*Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 144–145.*

## **ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫСЛА СЕМГИ НА СМЕШАННОМ ЗАПАСЕ**

**Б.Ф. Прищепа, С.В. Прусов**

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии,  
Мурманск, e-mail: prusov@pinro.ru

Анадромный атлантический лосось (семга) – один из наиболее ценных видов рыб и, как осетровые, является национальным достоянием России. Лов семги на протяжении столетий играл важную роль в экономике прибрежных поселений и достигал в отдельные годы 1000 тонн, включая не только лов в реках, но и также интенсивный вылов на путях миграций лосося в море.

Промысел атлантического лосося на путях миграций, при котором облавливаются значительное количество лосося из двух или более речных запасов, по определению межправительственной организации по сохранению атлантического лосося (НАСКО), членом которой является и Российская Федерация, является промыслом на смешанном запасе.

Международный совет по исследованию моря (ИКЕС) считает промысел на смешанном запасе наиболее опасной угрозой для популяций атлантического лосося. Согласно рекомендациям ИКЕС управление любым видом промысла лосося должно быть основано на оценках состояния отдельных запасов. Промысел на смешанном запасе, в частности прибрежное рыболовство или промысел в открытых морских районах, связан с определенной сложностью в управлении, так как в случаях, когда одним из компонентов смешанного запаса является запас, находящийся на уровне ниже «сохраняющего лимита», невозможно вести целевой промысел только тех запасов, которые обладают полной репродуктивной способностью. Более вероятно соблюдение этого требования при промысле в эстуариях и особенно в реках.

Приняв во внимание рекомендации ИКЕС, и рассмотрев различные подходы к управлению запасами лосося в каждой из стран-участниц, НАСКО подготовила инструкции, целью которых является разъяснение положений соглашений НАСКО, касающихся управления промыслом лосося, помощь государствам в осуществлении этих соглашений и определение дальнейших действий, которые необходимо предпринять. НАСКО было установлено, что управление промыслом в прибрежных водах должно исходить из состояния каждого отдельного запаса в реке, а управление промыслом в открытых морских районах – из состояния комплексов запасов, определяемых уполномоченными органами. В отношении промысла лосося на смешанном запасе должны действовать следующие меры:

а) для рационального управления промысла лосося на смешанном запасе необходимы знания об облавливаемых запасах и состоянии каждого из этих запасов;

б) для районов, в которых ведется такой промысел, уполномоченные органы должны разработать четкую политику управления, учитывающую дополнительные риски, связанные в том числе с количеством эксплуатируемых запасов, их величиной и продуктивностью;

в) меры управления должны быть направлены на защиту наиболее слабых из облавливаемых запасов;

г) необходимо принимать во внимание действие вышеуказанных правил в отношении определенных видов промысла смешанных запасов, осуществляемого в низовьях крупных рек или в эстуариях.

Благодаря усилиям НАСКО по регулированию промысла на смешанном запасе был свернут ярусный промысел атлантического лосося в Фарерской рыболовной зоне и дрейфтерный промысел в Норвежском море, где облавливалась в большем количестве семга из российских рек. В 2008 г. НАСКО инициировала консультации между Российской Федерацией и Норвегией по вопросу промысла лосося в прибрежных водах Северной Норвегии – провинции Финнмарк, где проходят пути миграции российской семги. Как показали результаты мечения, в уловах норвежских рыбаков часто встречается лосось из российских рек. Благодаря двусторонним консультациям, Норвегия в 2009 г. ввела ограничения для морского промысла атлантического лосося в провинции Финнмарк и готова продолжать, совместную с Российской Федерацией, работу по дальнейшему сокращению приловов российской семги. Однако нам также следует предпринять определенные шаги по сокращению промысла семги на смешанном запасе в своих внутренних морских водах, в частности – в Белом море.

Регулирование промысла лосося должно основываться на научных рекомендациях ИКЕС и современных принципах управления, включая осторожный подход, разработанный НАСКО для данного промысла. Данные рекомендации, прежде всего, подразумевают то, что промысел лосося должен вестись только в отношении тех запасов, которые полностью реализуют свою репродуктивную способность, а также то, что промысел других запасов должен быть как можно больше ограничен. Этого можно достичь за счет снижения промысла смешанных запасов. Поэтому промысел семги в Белом море необходимо сократить и, по всей вероятности, закрыть в некоторых районах. Кроме этого необходимо сократить промысловый пресс или ввести запрет на промысел в тех районах крупных речных систем, где облавливаются отдельные запасы, находящиеся в различном состоянии.

Важнейшая роль управления природными ресурсами в отношении охраны ценных видов водных биоресурсов и связанных с ними культурных ценностей – управление сырьевой базой промысла посредством ресурсосберегающего пользования и защиты. Развитие рационального использования запасов семги в реках – это путь, который обеспечит социально-экономические выгоды, и позволит, при соблюдении принципов устойчивого рыболовства, сохранить семгу – национальное достояние России для будущих поколений.

## ОСОБЕННОСТИ СУТОЧНОЙ РИТМИКИ ЭМИССИИ ЦЕРКАРИЙ ЛИТОРАЛЬНЫХ ТРЕМАТОД БЕЛОГО И БАРЕНЦЕВА МОРЕЙ

**В.В. Прокофьев**

Псковский государственный университет

Характерная черта жизненного цикла трематод – наличие особых расселительных фаз, одна из которых представлена церкарией – личинкой мариты. Биологическая роль церкарии – заражение второго промежуточного или окончательного хозяина. При этом успех инвазии связан с наличием у личинок ряда специальных адаптаций, в частности особого ритма выхода церкарий во внешнюю среду который, как правило, тесно связан с суточной активностью заражаемого животного. Регуляторами ритма эмиссии личинок чаще всего служат температура и освещенность. Большинство работ, связанных с изучением динамики суточной эмиссии церкарий трематод, посвящены представителям умеренных или южных широт, в то время как эмиссия личинок арктических и субарктических водоемов исследована крайне слабо.

В связи с вышесказанным, нами была предпринята попытка изучить особенности суточной ритмики эмиссии церкарий литоральных баренцевоморских трематод *Podocotyle atomon* (Opencolidae) и беломорских – *Levinseniella brachysoma* и *Maritrema subdolum* (Microphallidae). Жизненные циклы этих видов относятся к треххозяиному типу и реализуются в условиях морской литорали. Дефинитивным хозяином для *P. atomon* служат рыбы, а для *L. brachysoma* и *M. subdolum* – птицы. Первый промежуточный хозяин, из которого выходят церкарии, у *P. atomon* моллюски *Littorina saxatilis* (Littorinoidea), а у *L. brachysoma* и *M. subdolum* гастроподы *Hydrobia ulvae* (Hydrobiidae). В качестве второго промежуточного хозяина, которого заражают церкарии, для всех трех видов выступают литоральные амфиподы рода *Gammarus*.

Для получения максимально точной картины наблюдения проводили методом *in situ*, а полученные данные обрабатывали с использованием дисперсионного анализа.

Результаты наблюдений показали, что суточная эмиссия церкарий изученных видов регулируется, главным образом, температурой воды (см. таблицу и рисунок).

Таблица

Влияние различных факторов на эмиссию церкарий

Вид церкарий	Факторы		
	температура	освещенность	температура + освещенность
<i>Levinseniella brachysoma</i>	7.6	Н	Н
<i>Maritrema subdolum</i>	14.1	Н	Н
<i>Podocotyle atomon</i>	36.2	21.1	Н

Примечание. Н – различия дисперсий недостоверны при выбранном уровне значимости ( $P \leq 0.05$ ); числовые значения – доля дисперсии, объясняемая влиянием фактора, % при  $P \leq 0.005$ .

Пик эмиссии церкарий *M. subdolum* приходится на дневные часы, а фактором, запускающим процесс выхода личинок из хозяина в окружающую среду, служит резкое повышение температуры воды (рис.). При этом за короткий промежуток времени моллюска покидает наибольшее, в течение суток, количество зрелых церкарий, после чего эмиссия практически прекращается. Появление большого числа личинок в период максимальной инсоляции и температуры воды имеет для свободноплавающих *M. subdolum* принципиальное значение. В силу высокой подвижности амфипод, вероятность контак-

та с ними для личинок наиболее высока в момент минимальной двигательной активности рачков. Именно эти условия в полной мере реализуются в период наибольшей освещенности и температуры воды, когда гаммарусы, в силу отрицательного фототаксиса, концентрируются в затененных, придонных участках.

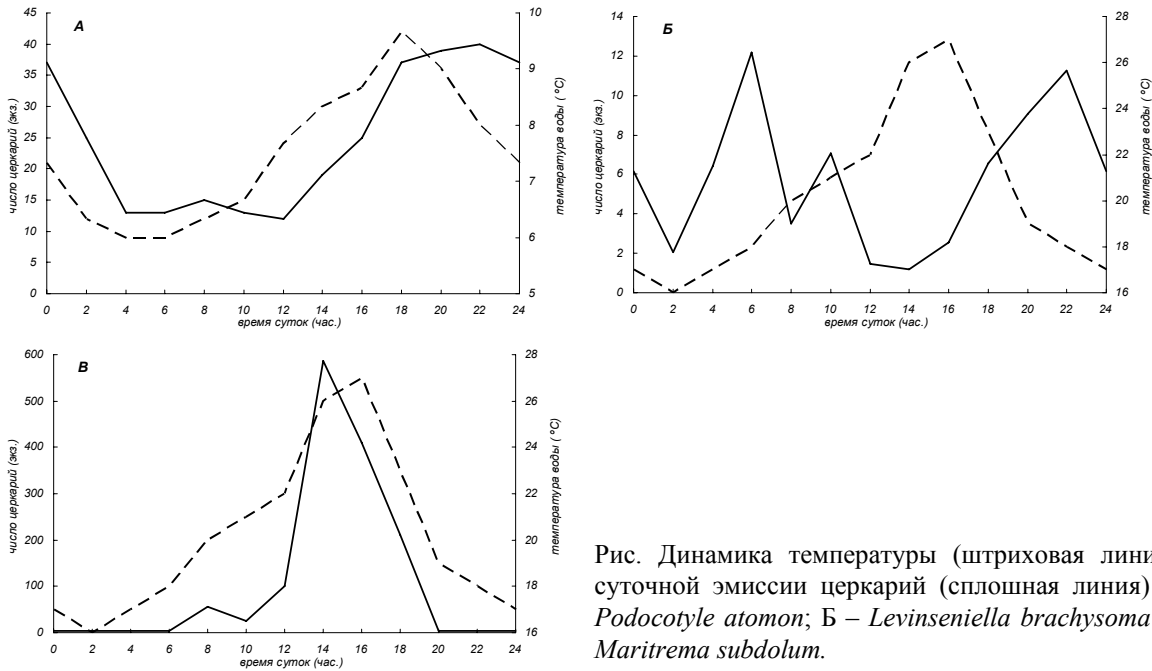


Рис. Динамика температуры (штриховая линия) и суточной эмиссии церкарий (сплошная линия) А – *Podocotyle atomon*; Б – *Levinseniella brachysoma*; В – *Maritrema subdolum*.

Эмиссия церкарий *L. brachysoma* и *P. atomon* регулируется одним и тем же фактором – температурой. Но если с повышением последней выход личинок *L. brachysoma* тормозится, то для *P. atomon*, напротив, усиливается (рис.). Надо полагать, что эти отличия связаны с различным свето-температурным режимом в районе обитания церкарий. Для Белого моря максимум суточной температуры практически совпадает с наибольшей освещенностью, когда активность гаммарид минимальна. В это время выход личинок *L. brachysoma* приостанавливается. В условиях Баренцева моря максимум температуры приходится на вечерние часы, когда освещенность уже ослаблена, и совпадает с максимумом активности бокоплавов. Именно в эти часы усиливается и выход церкарий *P. atomon*.

Описанная картина в корне отличается от характера эмиссии личинок *M. subdolum*, приуроченной к тому времени суток, когда активность бокоплавов, служащих вторым промежуточным хозяином и для этого вида, ослабевает. Отмеченное несоответствие объясняется, на наш взгляд, различной стратегией заражения второго промежуточного хозяина, которая характерна для церкарий рассматриваемых видов. Активно плавающие личинки *M. subdolum* сами ищут своих вторых промежуточных хозяев, используя при этом имеющиеся у них фото- и геореакции (Прокофьев, 1997). Реализация такого поведения наиболее успешна в момент, когда бокоплав концентрируется в определенных местах с заданными параметрами среды. Церкарии же *L. brachysoma* и *P. atomon*, не способные к активному плаванию и, в силу особенностей своей биологии – засадное поведение (Прокофьев, 1994), поджидают хозяев, которые благодаря своей высокой двигательной активности рано или поздно окажутся на такой дистанции от личинки, когда станет возможным непосредственный контакт с гаммарусом. Вероятность этого события, несомненно, возрастает в период, когда бокоплав наиболее активен и перемещаются по микростациям литорали в поисках пищи. Именно к этому времени и приурочена максимальная эмиссия личинок *L. brachysoma* и *P. atomon*.

Таким образом, результаты наблюдений позволяют утверждать, что в высоких широтах основным фактором, регулирующим суточную эмиссию церкарий, служит тем-

пература воды, а характер эмиссии определяется не систематической принадлежностью личинок, а особенностями биологии заражаемого хозяина.

Работа выполнена при содействии Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект №10-04-00430).

#### Список литературы

- Прокофьев В.В. «Засадный» тип поведения церкарий некоторых морских трематод // Зоол. журн. 1994. Т. 7. Вып. 5. С. 13–20.
- Прокофьев В.В. Реакции на свет церкарий морских литоральных трематод *Cryptocotyle* sp. (Heterophyidae) и *Maritrema subdolum* (Microphallidae) // Зоол. журн. 1997. Т. 76. Вып. 3. С. 275–280.

## СРАВНЕНИЕ ПРИЛИВНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ И СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЧИСЛЕННОСТИ ПРИБРЕЖНОГО ЗООПЛАНКТОНА БЕЛОГО МОРЯ В РАЙОНЕ ББС МГУ ИМ. Н.А. ПЕРЦОВА

**А.А. Прудковский.**

Московский государственный университет, e-mail: apudkovsky@wsbs-msu.ru

Пелагиаль – важная составляющая морских экосистем. Изучение распределения пелагических организмов необходимо для определения продуктивности различных районов Мирового океана и мониторинга возможных изменений в условиях климатических и антропогенных трендов. Целью нашего исследования был анализ пространственно-временной изменчивости численности прибрежного поверхностного морского зоопланктона, выполненный в нескольких масштабах. Основные задачи: определить, как варьирует численность зоопланктона на одной станции при повторных сборах проб в одно время, в течение приливно-отливного цикла, в течение нескольких дней. Определить, какие изменения численности можно считать связанными с временным фактором, а какие – с локальными вариациями численности на данной станции или со смещениями водных масс под влиянием атмосферных явлений.

Повторные сборы поверхностного планктона сетью проводили дважды в день, на малой и полной воде, в июле 2009 г, с пирса беломорской биостанции им. Н.А. Перцова. Объем проб составлял  $0.5 \text{ м}^3$ . Всего было обработано 34 сетные пробы, собранные с 27 июня по 19 июля. Помпой было собрано 5 серий из 8 последовательно взятых проб; общая продолжительность каждой серии составляла 2 часа, объем каждой пробы составлял  $0.2 \text{ м}^3$ . Пробы обрабатывали выборочным методом, при этом просчитывали по 100 экз. в каждой из исследуемых групп организмов (Вельдре, 1963). Температуру воды и воздуха, силу и направление ветра, а также высоту прилива измеряли через каждые 30 мин при помощи стационарной метеостанции.

Численность каждого из подсчитанных видов в последовательно взятых двух пробах отличалась не более, чем в 6 раз в 99% исследованных случаев ( $n=298$ ). Численность зоопланктона на разных стадиях приливно-отливного цикла отличалась не более, чем в 6 раз в 90% исследованных случаев ( $n=95$ ). «Измеренную» гетерогенность распределения зоопланктона можно охарактеризовать степенными эмпирическими зависимостями дисперсии от среднего (Downing et al., 1987; Pinel-alloul, 1995). Нами были получены четыре зависимости дисперсии от среднего для разных методик сбора материала:

1) зависимость в масштабах десятков метров (две последовательно взятые пробы сетью):  $S^2 = 0.05m^{1.89}$ ;

2) в масштабах сотен метров при 15-минутном усреднении численности (сбор помпой):  $S^2 = 0.14m^{1.79}$ ;

3) в масштабах приливо-отливного цикла при взятии проб сетью на двух фазах прилива (без усреднения парных проб):  $S^2 = 0.16m^{1.92}$ ;

4) в масштабах приливо-отливного цикла при взятии проб сетью на двух фазах прилива (усредненные пары проб):  $S^2 = 0.14m^{1.81}$ .

Если сопоставить зависимости, то можно заключить, что для численности более 1500 экз в  $1 \text{ м}^3$  изменчивость выше в масштабах десятков метров (сравнение единичных сетных проб) и ниже в масштабе сотен метров (сравнение усредненных пар сетных

проб и проб, собранных помпой). Можно также предположить, что коэффициент  $a$  растет при увеличении пространственного масштаба территории сбора проб, а коэффициент  $b$  снижается при увеличении размеров территории, на которой была собрана каждая проба (т.е. пространственного усреднения). Полученные данные позволяют оценить точность количественных оценок численности (Downing et al., 1987). Например, при численности организмов более 10 тыс. экз. в  $1\text{ м}^3$  среднее для двух проб, случайно взятых в данном пространственном масштабе, будет варьировать не более, чем на 20% с вероятностью 95%.

Исследуя ранговые коэффициенты корреляции можно выделить несколько взаимосвязанных групп в составе зоопланктона. Исследование видовой структуры методом главных компонент (исходными данными была матрица коэффициентов ранговой корреляции Спирмена) показало, что вариация на 80% описывается двумя главными компонентами. Виды на графике двух первых компонент разделяются в три группы:

- 1) виды с невысокой численностью, учитываемые не во всех пробах;
- 2) копеподитные стадии развития ряда копепод;
- 3) науплии копепод, науплии усоногих ракообразных и велигеры двустворчатых моллюсков.

Популяционные процессы могут приводить к независимому увеличению численности данного вида. Если же изменяется численность нескольких групп зоопланктона одновременно, то вероятнее всего это связано с пространственной неоднородностью.

Так как значительные изменения численности (в 6 и более раз) – это редкие события, которые связаны с неоднородностью распределения зоопланктона в масштабах дней и километров, то мы попробовали связать такие события со смещениями водных масс под влиянием атмосферных явлений. В одной из проб резкое увеличение численности копеподитных стадий развития холодолюбивых копепод *Oncaea borealis* совпало с значительным падением температуры воды (разница составила  $3.5^{\circ}\text{C}$ ). Событие случилось в период максимума различий уровня воды (сизигии) и может быть связано с притоком глубинных охлажденных вод со стороны моря. В остальных случаях очевидной связи изменений численности с физическими параметрами не выявлено.

Независимые видоспецифичные пики численности, имеющие продолжительность не менее нескольких дней, и вероятнее всего связанные с интенсивным размножением данного вида, были отмечены для науплиев *Microsetella norvegica* (конец июня), науплиев усоногих ракообразных и велигеров *Mytilus edulis* (начало июля), раковинных инфузорий *Parafavella* sp. (середина июля), коловраток *Synchaeta* sp. (конец июня – начало июля). В течение июля наблюдали постепенное уменьшение численности науплиев копепод *Oithona similis* и *Microsetella norvegica*.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ЗАЩИТА ОТ МОРСКОГО ОБРАСТАНИЯ НА ОСНОВЕ ТРАДИЦИОННЫХ И НОВЫХ ПОДХОДОВ

А.И. Раилкин<sup>1</sup>, О.А. Шилова<sup>2</sup>, С.З. Чикадзе<sup>1</sup>, Л.Н. Ефимова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>С.-Петербургский государственный университет,  
e-mail: railkin@yandex.ru, chikadzes@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт химии силикатов РАН, С.-Петербург, e-mail: olgashilova@bk.ru

Любые незащищенные от биологического обрастания естественные и искусственные объекты, введенные в воду, достаточно быстро обрастают сначала микроорганизмами, затем беспозвоночными животными, асцидиями и макроводорослями. В тропических водах биомасса обрастания может достигать 300 кг/м<sup>2</sup>, в бореальных – 10–15 кг/м<sup>2</sup>. Ключевым процессом обрастания является прикрепление расселительных стадий (личинок и спор).

При развитии на поверхностях погруженных в воду технических объектов (материалов, изделий и сооружений) обрастание снижает их технические и эксплуатационные качества. Мировой ущерб только от морского обрастания по весьма заниженным оценкам составляет более 50 миллиардов долларов в год.

Одним из наиболее распространенных способов химической защиты от морского (и пресноводного) обрастания являются противообрастательные покрытия, содержащие ядовитые для обрастателей вещества, такие как оловоорганические соединения, закись меди и др. Широкое и длительное использование привело к их накоплению в морской среде, что негативно отразилось на биоразнообразии и устойчивости морских экосистем.

В ответ на экологическую угрозу мирового масштаба были приняты меры по запрещению использования оловоорганических соединений в противообрастательных покрытиях, а в ближайшие годы ожидается полный запрет на использование в них любых биоцидов. Таким образом, проблема экологически безопасной защиты от обрастания стоит весьма остро.

Существует несколько подходов к ее решению. С 60-х годов прошлого века ведутся исследования и разработки с целью использования природных химических средств защиты от эпибиоза морских водорослей и животных (губок, кораллов, асцидий и др.) в противообрастательных покрытиях. Анализ литературы показывает, однако, что среди противозепибиотических веществ нет универсальных, эффективных против многих (основных) обрастателей. Другое направление, связанное с попытками использования ядовитых биологически активных веществ (например, терпенов, галогенсодержащих органических соединений, гетероциклических соединений и др.) также пока не привело к созданию защиты от обрастания.

Нами развивается новое направление экологически безопасной защиты от морского обрастания, основанное на изучении биологических механизмов прикрепления, и разработка на этой основе универсальных и безопасных противообрастательных покрытий. К настоящему времени на ряде видов беспозвоночных животных Белого моря с разными способами прикрепления (планулах гидроидного полипа *Gonothyrea loveni*, плоских червях *Convoluta convoluta*, циприсах усонного рака *Semibalanus balanoides*, педивелигерах моллюска *Mya truncatella*, велигерах *Cadlina laevis*, педивелигерах и моллюди *Mytilus edulis*, бипиннариях морской звезды *Asterias rubens*) и подвижных спорах бурой водоросли *Laminaria saccharina* установлен кальций-зависимый механизм при-



крепления. Найдены конкретные противoadгезионные вещества, универсально и обратимо подавляющие прикрепление. Выявлен алгоритм поиска и экспериментального отбора таких веществ.

Проведенные химико-технологические исследования позволяют считать наиболее перспективными для разработки экологически безопасной противoadгезионной защиты органо-неорганические – винилканифольные матрицы, в том числе структурированные эпоксисилоксановыми сетками. Разработаны составы и рецептуры изготовления на их основе противообрастательных покрытий, содержащих противoadгезионные вещества, обратимо подавляющие прикрепление.

Трехмесячные биологические испытания в условиях морской аквариальной противoadгезионных покрытий на основе винилканифольной матрицы, модифицированной гидролизированным тетраэтоксисиланом, показали, что наилучшими противообрастательными свойствами обладают покрытия с оптимальной концентрацией тетраэтоксисилана, которая обеспечивает хорошие пленкообразующие свойства. Разработанные покрытия обладали высокой механической прочностью, на них практически не развивалось микрообрастание (диатомовые водоросли и гетеротрофные жгутиконосцы). Испытания таких покрытий в поверхностном слое Белого моря в период массового оседания мидий *Mytilus edulis*, гидроидных полипов *G. loveni* и *Obelia longissima*, асцидии *Molgula citrina* и размножения фукусов показало, что они подавляли водорослевое обрастание и снижали в 3 раза обрастание мидиями.

На основе судовой краски ХС-5226 (без закиси меди) разработаны и изготовлены около 10 вариантов винилканифольных покрытий, содержащих противoadгезионные вещества. В 2008–2009 гг. проведены их годовые испытания на подводном стенде в Южно-Китайском море, которые позволили отобрать 3 варианта рецептур как наиболее перспективные для дальнейших разработок. В условиях морской аквариальной проведены 4 месячные испытания одного из лучших вариантов покрытий в проточной 500-литровой системе с несменяемой морской водой, содержавшей беломорские виды – гидроидные полипы *O. longissima*, баланусы *Semibalanus balanoides*, взрослые (5–6 лет) моллюски *M. edulis*, молодь (0+) морской звезды *Asterias rubens*, мальки трехиглой колюшки, нематоды и гастротрихи (в песке), а также бурые водоросли *Fucus vesiculosus*. Наблюдения не выявили различий в их питании, росте, поведении и развитии между опытной (с противообрастательными покрытиями) и контрольной экосистемой.

Таким образом, на основе небиоцидного подавления прикрепления как ключевого колонизационного процесса возможно создание экологически безопасных и эффективных противообрастательных покрытий.

## **АКВАКУЛЬТУРА В БАССЕЙНЕ БЕЛОГО МОРЯ**

**Л.П. Рыжков**

Петрозаводский государственный университет, e-mail: lrp@petrsu.ru

На протяжении последнего столетия использование водных биоресурсов беломорского бассейна последовательно сокращается. Добыча водорослей уменьшилась в 5 раз, вылов рыбы – почти в 20 раз, промысел морских млекопитающих – в 10 раз (Бергер, 2007). Особенно интенсифицировался этот процесс в конце прошлого и начале настоящего столетия. Так, в карельской части Белого моря добыча водорослей и вылов рыбы только за последние 10 лет сократились в 3 раза.

Причиной снижения объемов освоения биоресурсов Белого моря в основном являются нерациональность промысла (перелов), социальные (в частности, сокращение поморского населения) и экономические (низкие закупочные цены на промысловую продукцию и высокая стоимость материального обеспечения) факторы.

Изменить сложившуюся ситуацию можно путем регулирования промысла, создания условий для привлечения малых предпринимателей к добыче биоресурсов Белого моря и создания различных форм аквакультуры. По мнению В.Я. Бергера (2007) биологические возможности Белого моря позволяют существенно увеличить объемы воспроизводства и использования его биоресурсов.

В современных условиях одним из таких путей является развитие различных направлений аквакультуры. Среди них наиболее перспективными являются направления пастбищного и садкового рыбоводства.

Пастбищное рыбоводство обычно рассматривается, как система мероприятий, обеспечивающих благоприятные условия для производства посадочного материала и товарной продукции в естественных водоемах на самовоспроизводящейся кормовой базе. Оно осуществляется в трех формах с различными технологиями производства посадочного материала. Обычно выделяются следующие три формы:

– воспроизводство промысловых видов рыб путем оптимизации природных условий для их размножения (осеменения икры, развития эмбрионов и подращивания молоди). В Белом море и в его бассейне – создание искусственных нерестилищ из дели для размножения сельди, из хвойной растительности для размножения карповых и сиговых, проведение мелиоративных работ на путях нерестовых миграций проходных видов рыб (лосося, горбуши и др.) мелиорация нерестово-выростных участков (НВУ) для лососевых (особенно в реках) и другие мероприятия;

– воспроизводство промысловых видов рыб путем создания благоприятных условий для развития эмбрионов и выращивания посадочного материала на рыбоводных заводах (лососевые, сиговые, карповые). В бассейне Белого моря функционирует четыре рыбоводных завода, выращивающих около одного миллиона особей посадочного материала. Существующая технология позволяет ежегодно производить не менее полутора миллионов особей качественного посадочного материала;

– озерное рыбоводство предполагает комплекс мер по выращиванию посадочного материала и товарной рыбы в специально-подготовленных озерах. В бассейне Белого моря озерные хозяйства могут функционировать, как комплексные, позволяющие одновременно использовать несколько направлений рыбоводства. Такие хозяйства могут создаваться на базе арендованных предпринимателями малого бизнеса озер или участков рек, ручьев и т. д.;

– к пастбищному направлению рыбоводства также можно отнести мидиевые или мидиево-форелевые хозяйства небольшой мощности, которые могут функционировать в рамках проекта «малое предпринимательство». Для этого имеется хорошая научная база, успешные экспериментальные и производственные испытания, инструктивная и методическая литература. Перспективы развития мидиевых хозяйств хорошо обоснованы в книге Э.Е. Кулаковского с соавторами (2003). Показано, что с каждого га осваиваемой водной акватории за 3–4 года можно получать до 300 т мидий.

Осуществление системы мероприятий по пастбищному рыбоводству в основном может обеспечить не только сохранение существующих рыбных запасов, но и их увеличение до биологических возможностей Белого моря. Однако для этого потребуется не только время, но и соответствующие действия, препятствующие существующим демографическим и социально-экономическим тенденциям. Конечно, одновременно потребуются значительные материальные и финансовые вложения

Исследования ПИНРО и Петрозаводского госуниверситета показали, что за более короткое время и при несколько меньших материально-финансовых затратах для бассейна Белого моря перспективным направлением аквакультуры может стать садковое рыбоводство. О перспективности развития этого направления аквакультуры на Европейском Севере можно судить по результатам производства рыбной продукции в садковых хозяйствах Карелии. За период с 2000 по 2009 годы производство садковой рыбы в Карелии увеличилось в 7.6 раза и достигло 12950 т. Для сравнения за это же время учтенные уловы рыбы во внутренних водоемах Республики практически не изменились, колеблясь около 2400 т.

Технологическая схема этого направления рыбоводства состоит из этапа получения молоди в контролируемых человеком условиях (бассейнах, лотках, канавах, прудах) и из этапа выращивания разновозрастной рыбной продукции в садках, размещаемых в природных условиях. Опытно-производственные работы, выполненные ПИНРО и Петрозаводским госуниверситетом, показали, что в морских садках за вегетационный период масса тела форели увеличивается в 6–7 раз. В садковых хозяйствах пресных вод этот показатель колеблется около 5. По разным источникам общий объем аквакультуры в бассейне Белого моря может достигнуть 20 тыс. т. Максимальная окупаемость форелевых садковых хозяйств в среднем составляет около трех лет. Если же использовать предложенную мною зональную схему производства посадочного материала и товарной рыбы, то окупаемость каждого цикла этой схемы сокращается почти в 2 раза (Рыжков, 2008; Рыжков, Дзюбук, 2008). В соответствии с зональной схемой селекционно-генетический центр целесообразно разместить на одном из пресноводных хозяйств Карелии, питомники (на 2–2.5 млн. молоди) можно создать как на базе отдельных хозяйств, так и специализированные, а товарную продукцию в основном производить в морских садковых хозяйствах.

Общим результатом осуществления рекомендованных мероприятий может стать восстановление биопродукционных возможностей Белого моря и его бассейна. На протяжении XIX–XX веков вылов рыбы в Белом море в отдельные годы достигал 40 тыс. т. К этому показателю еще следует добавить объемы садкового рыбоводства в количестве 20 тыс. т.

### Список литературы

- Бергер В.Я. Продукционный потенциал Белого моря. Исследования фауны морей. Т. 60 (68). – СПб.: ЗИН РАН, 2007. 292 с.
- Кулаковский Э.Е., Житний Б.Г., Газдиева С.В. Культивирование мидий на карельском побережье Белого моря. – Петрозаводск, 2003. 160 с.
- Рыжков Л.П., Дзюбук И.М. Белое море – резерв развития аквакультуры в Карелии. //Ученые записки ПетрГУ № 3 (94), Петрозаводск, 2008. С. 53–59
- Рыжков Л.П. Садковая аквакультура – программа действий. / Материалы научной конф. «Садковое рыбоводство. Технология выращивания, кормление рыб и сохранение их здоровья. – Петрозаводск, 2008. С 3–6

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ТРАНСДИФФЕРЕНЦИРОВКИ КЛЕТОК ГИДРАНТОВ У ТЕКАТНЫХ ГИДРОИДНЫХ**

**Е.М. Савина, И.А. Косевич**

Московский государственный университет e-mail: akutagava@gmail.com, ikos@mail.ru

Представители стрекающих (Cnidaria) хорошо известны своими способностями к регенерации. Все началось с экспериментов А. Трамблэ на пресноводной гидре (Трамблэ, 1937). Проведенные в середине прошлого столетия эксперименты подтвердили высокую регенеративную способность гидры, но не дали однозначных ответов о роли клеточных слоев в процессах восстановления полноценного организма (см., например: Burnett, 1962; Diehl et al., 1965). Однако полученные результаты показали, что восстановление происходит не за счет местного повышения уровня пролиферации, а связано с процессами трансдифференцировки клеток.

Колониальные гидроидные, особенно представители текатных гидроидных (Leptomedusae, Hydroidomedusa) по ряду причин остаются практически неизученными с точки зрения физиологии и биологии развития. В первую очередь, это объясняется наличием жесткого внешнего скелета, затрудняющего использование ряд современных методик, связанных с использованием высокомолекулярных реагентов. С другой стороны, до сих пор длительное культивирование текатных гидроидных в искусственных контролируемых условиях остается недоступным.

Вместе с тем, колониальные текатные гидроиды обладают одним характерным свойством: срок жизни их гидрантов (питающих зооидов) в колонии ограничен. По окончании процесса формирования гидранты текатных гидроидов больше не увеличиваются в размерах (Crowell, 1960; Crowell et al., 1961), и после периода активного функционирования подвергаются регрессии («рассасыванию»). В норме после непродолжительной диапаузы на месте «рассосавшегося» гидранта начинается формирование нового (Crowell, 1953).

В колониях представителей сем. Campanulariidae срок жизни гидрантов в зависимости от условий среды и уровня питания составляет в среднем неделю (Crowell, 1953, 1991; Марфенин, 1993). Затем наступает их «рассасывание» и перемещение клеточной массы в колонию. Этот процесс морфологически напоминает процесс дифференцировки гидранта, только происходит в обратном порядке, поэтому его иногда называют дедифференцировкой (Huxley et al., 1923). Первым признаком начала «рассасывания» гидранта является его втягивание в гидротеху на продолжительное время. Затем щупальца гидранта сильно укорачиваются, превращаясь в венчик коротких отростков, после чего исчезают совсем: гидрант «ошаривается» (Thacher, 1903).

В процессе «дедифференцировки» гидранта составляющие его клетки перемещаются в желудок гидранта, откуда с токами гидроплазмы поступают в колонию. Удовлетворительного объяснения данному феномену не существует, но он дает колониальному организму ряд некоторых преимуществ. При голодании материал регрессирующих гидрантов может использоваться как пища, а затягивание диапаузы (промежутка между завершением «рассасывания гидранта и формированием на его месте следующего) при этом сокращает энергетические затраты колонии на восстановление питающих зооидов. В первую очередь «рассасываются» более старые гидранты, т. е. расположенные в проксимальной части побегов. Более молодые гидранты, расположенные в дистальных частях побегов, имеют больше доступа к пище, и остаются нетронутыми.

Судьба клеточного материала регрессирующего гидранта остается неизвестной. Результаты экспериментов Д. Натансона (Nathanson, 1955) с изолированными гидрантами показывают, что при особых условиях «дедифференцирующийся» гидрант способен давать столоны и образовывать новые гидранты. Возможно, что судьба клеток «рассасывающегося» гидранта может быть изменена, и они могут служить не только пищей колонии, но и претерпевать трансдифференцировку.

В настоящей работе нами были проведены эксперименты с «рассасывающимися» гидрантами колониального гидроида *Laomedea flexuosa* Alder, 1857 (сем. Campanulariidae). Гидранты, проявляющие первые признаки начала регресса, изолировали от колонии без фрагментов ценосарка (по уровню диафрагмы гидротеки). В момент приобретения шаровидной формы, в «рассасывающийся» гидрант пересаживали апикальную часть верхушки роста побега, составляющую не более одной четверти от объема «рассасывающегося» гидранта. Всего было выполнено 13 повторов. С контрольной группой «рассасывающихся» гидрантов (35 экземпляров) никаких манипуляций не проводили.

В контрольной группе все гидранты приобрели шаровидную форму и спустя 3–4 суток рассыпались на отдельные округлые клетки, что можно считать свидетельством их гибели. В экспериментальной группе в 9 случаях в течение суток с момента пересадки апекса верхушки роста формировался гидрант, размеры которого были пропорциональны исходному объему тканей. Гистологическое исследование таких гидрантов не выявило отличий в их строении от таковых нормальных гидрантов в колонии.

Средняя продолжительность клеточного цикла у гидроидных составляет порядка 3–4 суток (David et al., 1972; Takano et al., 1980). Объем сформированного гидранта превышает объем пересаженной части верхушки роста. Следовательно, формирование гидранта произошло не за счет пролиферации клеток пересаженной верхушки роста, обеспеченной перевариванием клеток «рассосавшегося» гидранта. Возможно, имплантация апекса верхушки роста индуцировала трансдифференцировку клеток дедифференцирующегося гидранта. Видимо, в норме, на начальных стадиях регрессии гидранта, составляющие его клетки сначала претерпевают дедифференцировку, и лишь позднее в них запускается программа апоптоза. Но при наличии внешнего индуцирующего сигнала клетки дедифференцирующегося гидранта до запуска в них апоптоза способны к трансдифференцировке.

Работа поддержана контрактами с Роснаукой № 02.740.11.0280 и Рособразованием № П1291, а также программой Ведущих научных школ НШ-4456.2010.4

## ХЛОРИРОВАННЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ И ПОЛИБРОМИРОВАННЫЕ ДИФЕНИЛЭФИРЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И БИОТЕ БЕЛОГО МОРЯ

В. Савинов<sup>1</sup>, О. Корнеев<sup>2</sup>, А. Рыбалко<sup>2</sup>, А. Наумов<sup>3</sup>,  
А. Кочетков<sup>4</sup>, Н. Грин<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Акваплан-нива, Тромсе, Норвегия, e-mail: vs@akvaplan.niva.no

<sup>2</sup>Севморгео, С.-Петербург, e-mail: korneev@sevmorgeo.com

<sup>3</sup>Зоологический институт РАН, С.-Петербург, andrewnmv@gmail.com

<sup>4</sup>НПО Тайфун, Обнинск, e-mail: akochet@mail.ru

<sup>5</sup>Норвежский институт водных исследований, 0349, Осло, e-mail: norman.green@niva.no

### Введение

Исследования были выполнены в рамках реализации проекта СЕМР (Coordinated Environmental Monitoring Programme), являющегося частью двусторонней Российско-Норвежской программы по гармонизации методов мониторинга загрязняющих веществ на основе требований Осло/Парижской конвенции по защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (ОСПАР).

### Материал и методы

Пробы донных отложений, мидий и трески были собраны в 2006–2009 гг. (рис.), руководствуясь ([http://www.ospar.org/v\\_publications/order.asp](http://www.ospar.org/v_publications/order.asp)). Химические анализы выполнены в аналитической лаборатории химико-аналитического центра НПО Тайфун (Обнинск). Лаборатория имеет национальную и международную аккредитацию для определения стойких органических загрязнителей в абиотической и биотической компонентах среды. В пробах донных отложений, мягких тканей мидий и печени беломорской трески были определены следующие загрязняющие вещества: гексахлорбензол (ГХБ), ДДТ и его метаболиты,  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -изомеры ГХЦГ, хлорданы (гептахлор, гептахлорэпоксид, оксихлордан, транс-хлордан, цис-хлордан, транс-нонахлор, цис-нонахлор), эндрин, дильдрин, мирекс, полихлорированные бифенилы (ПХБ), включая нон-орто и моно-орто замещенные ПХБ, полихлорированные дибензо-*p*-диоксины (ПХДД) и фураны (ПХДФ), а также полибромированные дифенилэфиры (ПБДЭ).



Рис. Места отбора проб донных отложений и биоты по программе СЕМР в 2006–2009 гг.

### Результаты и обсуждение

*Донные отложения.* Согласно норвежской системе классификации загрязнения морских донных отложений, концентрации всех исследованных загрязняющих ве-

ществ, за исключением ДДТ, могут быть определены как «фоновые» (I класс). Уровень ДДТ, обнаруженный в вершине Кандалакшского залива (станция 1, рис.) соответствует незначительному загрязнению ( $>0.5$  нг/г сухого веса), не представляющему угрозу для донных животных (II класс). За период наблюдений (2006–2009 гг.) концентрация ДДТ снизилась с 5.2 до 1.1 нг/г сухого веса. Во всех пробах донных отложений были обнаружены «новые» загрязняющие вещества – полибромированные эфиры, а также диоксины и фураны в низких концентрациях.

*Биота.* Санитарные нормативы, действующие в Российской Федерации, не регламентируют допустимые уровни содержания органических загрязняющих веществ в тканях моллюсков. В соответствии с санитарно-гигиеническими нормами, принятыми в Норвегии, концентрации всех исследованных загрязняющих веществ в тканях мидий были значительно ниже предельно-допустимых (таблица).

Таблица

Хлорированные углеводороды и полибромированные дифенилэфиры в поверхностных донных отложениях (сухой вес), мягких тканях мидий и печени беломорской трески (сырой вес)

Токсикант	Концентрация	Донные отложения, (0–1 см)			Концентрация	Мидии	Треска
		Кандалакшский залив	Онежский залив	Двинский залив			
ГХБ,	нг/г	<0.03 – 0.38	<0.03–0.04	0.07– 0.14	нг/г	<0.03–0.11	9.68– 11.9
		0.16 ± 0.20	0.02±0.03	0.11± 0.05		0.09±0.01	10.6± 1.16
<sup>1</sup> ΣГХЦГ	нг/г	<0.05 – 0.86	<0.05	<0.05	нг/г	<0.05–0.52	2.32– 8.01
		0.29 ± 0.50				0.29±0.16	4.60± 3.01
<sup>2</sup> ΣХлорданов	нг/г	<0.01 – 0.03	<0.01	<0.01	нг/г	<0.1–0.07	12.9– 96.2
		0.01 ± 0.02				0.05±0.02	55.2± 41.7
<sup>3</sup> ΣДДТ	нг/г	0.24 – 5.23	0.06–0.10	0.07– 0.39	нг/г	0.04–0.20	63.6– 98.9
		2.18 ± 2.67	0.08±0.03	0.23± 0.23		0.16±0.06	81.7± 17.7
Эндрин	нг/г	<0.10	<0.10	<0.10	нг/г	<0.10	<0.10
Дильдрин	нг/г	<0.05	<0.05	<0.05	нг/г	<0.05	<0.05– 0.21
Мирекс	нг/г	<0.03	<0.03	<0.03	нг/г	<0.03	<0.03
<sup>4</sup> ΣПХБ	нг/г	2.84 – 7.22	1.61–2.27	7.22– 9.39	нг/г	0.25–3.82	269– 520
		4.94 ± 2.20	1.94±0.47	8.31± 1.53		1.60±1.19	421± 133
<sup>5</sup> ΣПБДЭ	пг/г	2.73 – 19.3	1.92–3.27	2.30– 15.4	пг/г	5.6–15.7	1194– 3420
		11.2 ± 8.30	2.60±0.95	8.87± 9.28		9.49±3.87	2089± 1176
ΣПХДД	пг/г	7.01 – 43.9	5.72–9.11	25.8– 38.0	пг/г	<0.1	<0.1
		17.5 ± 15.6	7.05±1.81	30.4± 5.30			
ΣПХДФ	пг/г	4.79 – 28.9	4.38–5.55	12.8– 21.6	пг/г	<0.1	1.59– 6.96
		14.1 ± 10.8	4.80±0.65	16.9± 3.84			4.57± 2.73

Примечания: <sup>1</sup>ΣГХЦГ= сумма α-, β- и γ-ГХЦГ; <sup>2</sup>ΣХлорданов = гептахлор + гептахлор эпоксид + оксихлордан + транс-хлордан+ цис-хлордан + транс-нонахлор + цис-нонахлор; <sup>3</sup>ΣДДТ = сумма п,п'-ДДТ, о,п'-ДДТ, п,п'-ДДД, о,п'-ДДД, п,п'-ДДЕ, о,п'-ДДЕ; <sup>4</sup>ΣПХБ = сумма ПХБ-28, 31, 44, 49, 52, 54, 70, 74, 77, 87, 95, 99, 101, 104, 105, 110, 114, 118, 123, 126, 138, 149, 151, 153, 156, 157, 158, 167, 168, 170, 177, 180, 183, 187, 189; <sup>5</sup>ΣПБДЭ = сумма БДЭ-28, 47, 99, 100, 153, 154, 183.

Для поллютантов, концентрация которых выше предела обнаружения, в верхней строке указаны пределы варьирования, а в нижней – средняя концентрация с ее статистической погрешностью.

Концентрации хлорированных углеводородов в печени трески вполне соответствуют санитарно-гигиеническим нормам, принятым в Российской Федерации:

СанПиН 2.3.2: 1078-01 и в ЕС:

([http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2006/l\\_364/l\\_36420061220en00050024.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2006/l_364/l_36420061220en00050024.pdf)).

Авторы выражают свою искреннюю благодарность сотрудникам Беломорской биологической станции ЗИН РАН и Центра мониторинга геологической среды шельфа Севморгео за помощь в подготовке и проведении сбора материала, а также Агентству по климату и загрязнению (Норвегия) за финансовую поддержку.



## СТРУКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБИТАТЕЛЕЙ ПРИБРЕЖНОГО ЛЬДА И ПОДЛЕДНОЙ ВОДЫ БЕЛОГО МОРЯ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД (ГУБА ЧУПА, КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ)

А.Ф. Сажин<sup>1</sup>, Т.Н. Ратькова<sup>1</sup>, С.А. Мошаров<sup>1</sup>,  
Н.Д. Романова<sup>1</sup>, И.В. Мошарова<sup>2</sup>, А.Ф. Пастернак<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт океанологии им. РАН, Москва, e-mail: asazhin@com2com.ru

<sup>2</sup>Московский государственный университет, e-mail: ivmpost@mail.ru

28 марта – 3 апреля 2009 г. на 4 станциях в районе Беломорской Биологической станции Зоологического Института РАН (Губа Чупа, Кандалакшский залив) кольцевым буром были отобраны керны льда, батометром Нискина – пробы воды, модифицированной сетью Джели с газом 100×100 мкм – пробы микро- и мезозoopланктона. Все полученные пробы были использованы для учета численности и биомассы бактерий, водорослей, простейших, копепоид; определения численности сапрофитных и других физиологических групп микроорганизмов, определения концентрации хлорофилла *a*, постановки экспериментов по определению *in situ* первичной (радиоуглеродным методом) и бактериальной (прямым методом с использованием антибиотиков) продукции в разных слоях льда и воды.

Средняя численность бактерий во льду на разных станциях составляла 28–113 тыс. кл/мл, биомасса менялась в пределах 0.44–4.43 мг С/м<sup>3</sup>, продукция варьировала от 1.52 до 4.35 мг С/м<sup>3</sup> в сутки, со средними значениями для керна 2.42–3.18 мг С/м<sup>3</sup>. Средняя численность бактерий в верхних 10 м воды варьировала от 35 до 204 тыс. кл/мл, а биомасса в пределах 0.4–8.38 мг С/м<sup>3</sup>. Пик численности бактерий приходился на тонкий (до 5 см) подледный слой воды (120–241 тыс. кл/мл или 2.24–8.27 мг С/м<sup>3</sup>). Бактериальная продукция в воде варьировала от 0.12 до 13.52 мг С/м<sup>3</sup> в сутки, со средними значениями для столба воды 0–10 м 2.55 и 2.25 мг С/м<sup>3</sup>. Наиболее высокая численность сапрофитных бактерий была характерна для нижней поверхности льда. В среднем для 4 станций она составляла 45 тыс. кл/мл (0.6–60 тыс. кл/мл). В подледной воде численность бактерий этой группы в период исследований оказалась в среднем на два порядка меньше, чем во льду.

Концентрация хлорофилла *a* во льду варьировала в пределах 0.07–13.3 мг/м<sup>3</sup>, а в верхнем 10-м слое воды была ничтожно мала и составляла 0.013 до 0.073 мг/м<sup>3</sup>. Концентрация хлорофилла *a* в нижних слоях ледового керна превышала концентрацию этого пигмента в подледной воде в 8–194 раза. Обычное для прибрежных районов Кандалакшского залива весеннее цветение *Nitzschia frigida* на нижней ледовой поверхности, как правило, видимое невооруженным глазом, отсутствовало. Тем не менее, в период наших исследований ледовые водоросли были фотосинтетически активны, особенно в верхнем слое льда. Ассимиляционное число варьировало от 7.87 мг С/мг Хл/ч до 0.01 мг С/мг Хл/ч. В верхнем метровом горизонте подледной воды активность хлорофилла была на уровне таковой в нижнем слое льда. В период исследований первичная продукция фитопланктона в подледной воде была на очень низком уровне (0.04–0.28 мг С/м<sup>3</sup> в сутки). Наибольшие величины были свойственны самым верхним слоям. Собственно во льду фотосинтетическая активность водорослей была значительно выше, меняясь в пределах 0.44–41.1 мг С/м<sup>3</sup> в сутки. Максимальная величина первичной продукции была обнаружена в верхнем слое льда. Ледовые водоросли в рассматриваемый

период были адаптированы к относительно низкому уровню освещенности. Наши эксперименты по определению потенциальной фотосинтетической активности водорослей показали, что повышение интенсивности света приводит к снижению эффективности использования световой энергии в фотосинтетическом аппарате водорослей.

Исследования сообщества мезозoopланктонных организмов показали, что в период нашего исследования рачки находились в активном состоянии. Даже при ничтожно малом уровне первичной продукции в подледной воде у многих копепод в кишечнике присутствовали водоросли, связанные в своем развитии со льдом. Например, 67% *Pseudocalanus minutus* активно питались в верхних слоях воды. Значительное число науплиев калянид в пробах указывает на репродуктивную активность рачков. Анализ репродуктивного состояния *P. minutus* показал, что от 15 до 100% самок этого вида содержали зрелые ооциты в гонадах и до 35% особей несли яйцевые мешки. Около 10% самок *Oncaea borealis* также несли яйцевые мешки. Содержание липидов у большинства копепод было относительно высоким.

Экспериментально полученные в ранневесенний период величины уровня первичной и бактериальной продукции в воде Белого моря показывают, что синтезируемое водорослями органическое вещество не покрывает потребности в углероде даже бактерий и полностью используется при гетеротрофных процессах в пелагических сообществах этого водоема. Во льду ситуация обратная. Даже в конце биологической зимы, при отсутствии признаков таяния льда и начала «цветения» диатомовых водорослей на его нижней поверхности, величина создаваемого ледовыми водорослями органического вещества в 3.5 раза превышает потребности в углероде микроорганизмов, обитающих во льду. Таким образом, инструментально подтверждено, что продукционный период в Белом море начинается именно в ледовых сообществах и задолго до явных признаков наступающей весны.

Авторы признательны сотрудникам Зоологического Института РАН и Биологической станции мыс Каргеш за содействие и помощь в выполнении данного исследования. Работа была выполнена при поддержке гранта РФФИ № 10-05-00063.

*Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 162–163.*

## **ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОПРОДУКТИВНОСТИ БЕЛОГО МОРЯ**

**В.В. Сапожников, Н.В. Аржанова, Н.В. Мордасова**

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,  
Москва, e-mail: biochem@vniro.ru

Необходимость комплексных экологических исследований Белого моря диктовалась отсутствием подобных работ в прошлом и нарастающим антропогенным давлением в настоящем. Трагические события в Белом море в 1989 г. заставили ускорить проведение новейших исследований распределения гидрологических, гидрохимических, биохимических и гидробиологических характеристик и связанной с ними (а возможно, и обусловленной ими) картины загрязнений.

Безусловно, подобные работы выполнялись и ранее, но они были фрагментарны и не обеспечены современными океанологическими приборами. Комплексный экологический рейс на НИС «Иван Петров» в Белом море был проведен лабораторией морской экологии ВНИРО в рамках программы ГКНТ СССР по заказу Комиссии АН СССР по Белому морю во главе с членом-корреспондентом РАН О.А. Скарлато и финансирован Государственным комитетом охраны природы РСФСР.

Экспедиция была прекрасно оснащена современной океанологической аппаратурой. Гидрологические исследования выполняли при помощи STD-зонда «Нейл Браун» (США) с кассетой батометров Нискина. Помимо температуры и солености при вертикальном зондировании регистрировали концентрацию растворенного кислорода и флуоресценцию фитопигментов модулем «Акватрака» (США).

Всего за период с 21 июня по 12 июля 1991 г. выполнено 180 станций с полным комплексом определений, причем особое внимание отводилось работам в Двинском заливе.

Необходимо отметить, что максимальное приближение к берегу (до 7 м изобаты) на разрезах, пересекающих этот залив, позволило выделить узкую струю распресненных и загрязненных вод вдоль Зимнего берега залива. Эти воды представляют собой трансформированные и перемешанные воды р. Северная Двина.

Впервые получены корректные представления о валовых концентрациях биогенных элементов и соотношении минеральных и органических форм азота и фосфора. Несмотря на практически полное отсутствие нитратов в эвфотическом слое, соотношение  $N_{\text{орг}}:P_{\text{орг}} = 36:1$ , что свидетельствует о недостатке фосфора и лимитировании продукции фитопланктона. Ранее считалось, что первичная продукция лимитируется отсутствием нитратов. Но в рейсе обнаружено, что концентрация аммонийного азота достаточно велика (0.8–1.8 мкг-ат/л), а, учитывая, что количество азота мочевины обычно не менее содержания аммонийного азота, можно утверждать, что лимитирует фотосинтез недостаток фосфатов, концентрация которых в некоторых районах не превышает 0.1 мкг-ат/л.

Определение аммонийного азота в сильно окрашенных гуминовыми веществами пробах воды потребовало определенных химико-аналитических проработок. Концентрации аммонийного азота в среднем 0.6–1.6 и редко превышают 2.0 мкг-ат/л, в то время как имевшиеся данные свидетельствуют о 2.0–15.0 мкг-ат/л, что явно результат мутности и окрашенности проб, а возможно, следствие применения непригодного в данных условиях метода Несслера. Проведены уникальные биохимические исследования, в результате которых не только впервые получены истинные величины

растворенного и взвешенного органического вещества, но и определены скорости окисления органического вещества микропланктоном, скорости регенерации фосфатов. Последнее особенно важно, так как в большинстве случаев фосфор лимитирует продуцирование органического вещества в эвфотическом слое Белого моря.

По поводу лимитирования первичной продукции недостатком фосфатов в поверхностной воде Белого моря можно высказать предположение о влиянии их сорбции на сложном комплексе, состоящем из гумусового вещества и гидратов трехвалентного железа ( $\text{PO}_4^{3-}\text{Fe}(\text{OH})_3$  – гуминовое вещество).

Определение первичной продукции, проведенное кислородным методом, но с использованием склянок объемом 250 мл и бюретки Дженконса, обнаружило довольно высокие величины первичной продукции до  $0.5\text{--}1.5 \text{ г С/м}^2$  в сутки, которые хорошо согласуются с расчетными величинами первичной продукции, полученными по данным зондирования хлорофилла и экспериментально определенным ассимиляционным числом.

Прямые определения скоростей продукционно-деструкционных процессов, совмещенные с непрерывным зондированием вертикального распределения фитопигментов на каждой станции, позволили не только рассчитать ассимиляционные числа (АЧ) для различных районов моря, построить карту первичной продукции, но и рассчитать скорости деструкции органического вещества и регенерации биогенных элементов. Выполнена первая попытка разделения первичной продукции на «новую продукцию» и продукцию на рециклинге.

В работе представлены карты распределения кислорода и биогенных элементов в поверхностном слое, а также карта, где показаны величины «новой» первичной продукции и первичной продукции на рециклинге (рис.).

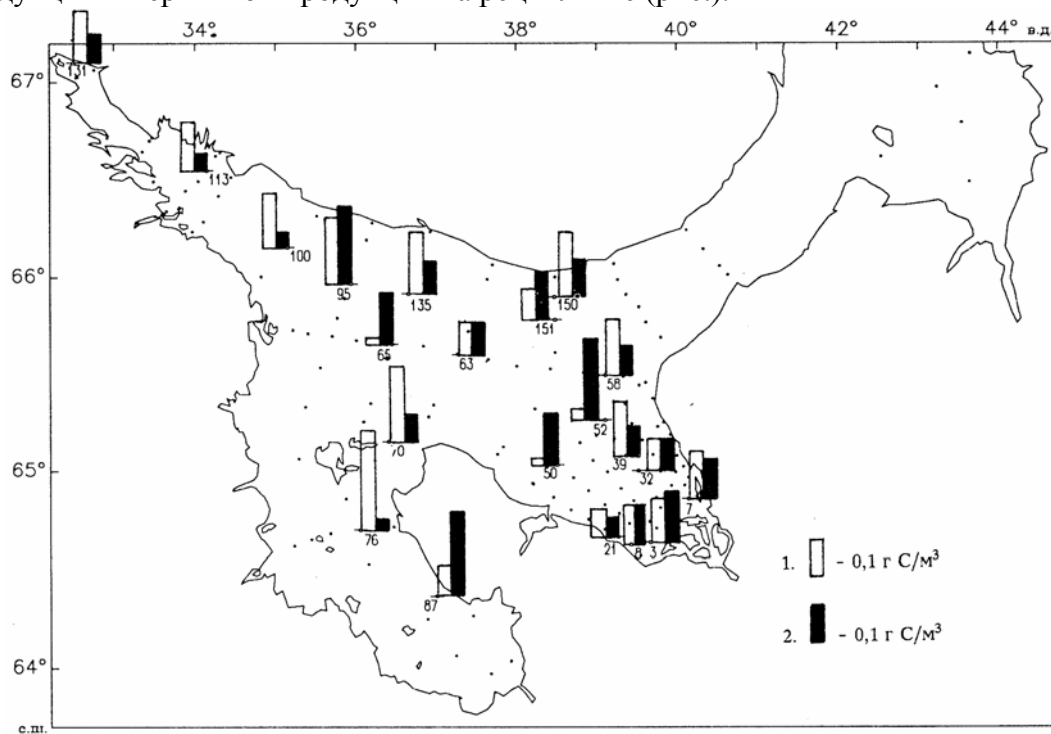


Рис. Карта-схема станций. Соотношение составляющих потенциальной продукции: 1 – за счет биогенных элементов, содержащихся в воде в момент исследований, 2 – на рециклинге.

Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 164–165.

## АНОМАЛЬНАЯ ПИГМЕНТАЦИЯ И ВСТРЕЧАЕМОСТЬ ЛЕВОГЛАЗЫХ ОСОБЕЙ У КАМБАЛОВЫХ БЕЛОГО МОРЯ

**А.В. Семушин**

Северный филиал ПИНРО, Архангельск, e-mail: andr@sevpinro.ru

В Белом море наиболее распространены три вида камбаловых: полярная камбала *Liopsetta glacialis* (Pallas, 1776), речная камбала *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758) и лиманда *Limanda limanda* (Linnaeus, 1758). Специализированного промысла камбаловых не ведется. В прибрежье они добываются в качестве прилова в ходе промысла наваги и сельди. Во время осенней миграции речной камбалы в реки она также прилавливается при добыче пресноводных рыб.

В ходе онтогенеза камбаловые претерпевают метаморфоз, при котором поворачиваются к поверхности левым или правым боком. Их «спинная» сторона окрашивается в темный, пигментированный цвет, а «брюшная» становится светлой. В случае если оба глаза оказываются на левой стороне туловища, такая особь называется левоглазой и наоборот. В Белом море доминируют правоглазые особи, при этом доля левоглазых особей является характерным признаком для различных видов камбал, а также для рыб из различных районов моря (Андрияшев, 1954). На брюшной стороне камбаловых могут быть темные пигментные пятна, что также является характерным отличительным признаком.

В период 2005–2009 гг. в Двинском и Онежском заливе Белого моря нами были проанализированы 2355 особей речной камбалы (в возрасте 1–12 лет), 1422 полярной камбалы (в возрасте 1–11 лет) и 216 лиманды (2–14 лет). Речная камбала из уловов в Онежском заливе отличалась гораздо более частой встречаемостью левоглазых особей. В среднем за 5 лет исследований 19.3% (4.1–22%) пойманных в Онежском заливе особей были левоглазыми, в то время как в Двинском заливе всего 3.8% (0.5–10%) (таблица). Для полярной камбалы не было выявлено значимого отличия между заливами по доле левоглазых особей – в Двинском заливе 0.4%, в Онежском 0.3%. Левоглазых особей лиманды не отмечалось. Значимых различий проявления левоглазости по полам обнаружено не было.

Таблица

Соотношение левоглазых и правоглазых особей камбаловых в уловах  
в Двинском и Онежском заливах Белого моря в 2005–2009 гг., %

Особь	Онежский залив				Двинский залив		
	♀	♂	ювенильные	все	♀	♂	все
Речная камбала							
Левоглазые	18.5	21.4	13.8	19.3	4.1	2.4	3.8
Правоглазые	81.5	78.6	86.2	80.7	95.9	97.6	96.2
Полярная камбала							
Левоглазые	0.3		3.3	0.3	0.5		0.4
Правоглазые	99.7	100.0	96.7	99.7	99.5	100.0	99.6
Лиманда							
Правоглазые	100	100	100	100	100	100	100

Для Белого моря А.П. Андрияшев (1954) приводит данные о 3.8% левоглазых особей речной камбалы в среднем по морю и менее 1% для Мезенского залива. Наши данные по Двинскому заливу близки к этим показателям, по Онежскому – гораздо выше. Статистика доли левоглазых особей камбаловых абсолютно не отражена в литературе,

в этом контексте наши данные являются уникальными в описании особенностей биологии камбал в Белом море. Для сравнения, в Баренцевом море 40–58% левглазых особей речной камбалы, в Северном море – 42.4%, в Балтийском – 25–36%, а в Черном – 2.5% (Андряшев, 1954). Причины, обуславливающие процент левглазых особей в популяции не описаны в литературе, но очевидно, что они отражают особенности существования рыбы в ранние периоды развития, особенно в период метаморфоза или, возможно, определены генетически. Разделение речной камбалы на подвиды сегодня признано нецелесообразным. В таком случае можно предположить наличие отдельных популяций речной камбалы в Белом море.

Пигментация брюшной стороны отмечалась нами у речной и полярной камбал. В большинстве случаев это были мелкие темные пятна. В Двинском заливе особей речной камбалы с пигментацией брюшной стороны было отмечено от 1 до 5% (в среднем 3.4%), в Онежском 2–6.9% (4.5%), в основном самки. У единичных экземпляров пигментация составляла более 50% брюшной стороны. Пигментированные особи полярной камбалы были отмечены нами в Онежском заливе в количестве от 8% (о. Кий) до 46% (Колежма), самок вдвое больше чем самцов. По А.П. Андряшеву (1954) – для Онежского залива характерно 34% двусторонне-пигментированных особей.

Исследование описанных выше характеристик камбаловых в Белом море, несомненно, актуально и должно быть продолжено. Полученные данные являются дополнительной популяционной характеристикой, что, совместно с гистологическими и генетическими исследованиями, поможет в описании структуры запаса камбал в Белом море.

#### **Список литературы**

Андряшев А.П. Рыбы северных морей СССР. Изд-во АН СССР. 1954. 566 с

Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 166–168.

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВИДООБРАЗОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ ВИДОВ РОДА *PUSCINELLIA* PARL. (СЕМЕЙСТВО МЯТЛИКОВЫЕ) В ПРИБРЕЖНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ БЕЛОГО МОРЯ

Л.А. Сергиенко<sup>1</sup>, Р.В. Eidesen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Петрозаводский государственный университет, e-mail: saltmarsh@mail.ru

<sup>2</sup> University Centre in Svalbard (UNIS), Longyearbyen, e-mail: eidesen@unis.no

Галофитный флористический комплекс арктической флоры является сравнительно недавним образованием (Цвелев, 2005, Сергиенко, 2008), соединяя в своем составе как аллохтонные (вошедшие в состав флоры в результате расселения из более южных регионов), так и автохтонные (развившиеся и развивающиеся в пределах арктической области) элементы.

Для этих «истинных» арктических разновидностей, каким является род *Puccinellia* Parl. (Бескильница, сем. Мятликовые), гибридное видообразование, особенно после хромосомного удвоения (аллополиплоидии), было важным путем в эволюции. Однако этот процесс сделал таксономию многих арктических видов кардинально сложной.

Основной путь видообразования на приморской полосе Арктики обусловлен разделением одного предкового вида на несколько независимо эволюционирующих видов. Стратегия существования растений в условиях высоких широт – избегание стрессовых воздействий в пространстве и во времени, появление новых морфофизиологических признаков, расширяющих экологические возможности видов (Цвелев, 2005). Приморские виды, сформировавшиеся и существующие в изменчивых условиях (соленость воды и почвы, приливно-отливные явления, разный механический состав почвы) являются более эврибионтными, чем виды плакорных местообитаний. Поэтому они обладают более широкими параметрами действия регуляторных механизмов, что проявляется в их большей пластичности и большей вариабельности морфологических показателей видовых признаков.

Для установления более четкого объема арктического циркумполярного вида *Puccinellia phryganodes* s. l., кроме личной коллекции (240 гербарных листов) нами были изучены гербарные образцы (750 гербарных листов) из коллекции Ботанического института имени В.Л. Комарова РАН и Гербария Университета г. Осло, а также немонтированные сборы сотрудников лаборатории Растительности Крайнего Севера (350 гербарных листов), сделаны препараты эпидермиса верхней стороны листовой пластинки (180 постоянных препаратов), 90 микрофотографий эпидермиса верхней стороны листовой пластинки. Помимо анализа морфометрических признаков: характеристика побегов, размеры листьев, метелки, колоска, цветковых чешуй, размеры и форма колосковых и цветковых чешуй, пыльников, были изучены наиболее устойчивые признаки – строение эпидермиса верхней стороны листовой пластинки стеблевых листьев. В нестабильных условиях существования, возросшие адаптивные изменения такого вида-доминанта флористического галофитного комплекса Арктики, как бескильница – *Puccinellia* Parl., многими авторами обработок этого таксона для различных сводок, принимались как устойчивые признаки, и в этих группах ими выделялись новые виды и подвиды (Цвелев, 1976; Elven, 2007). После изучения морфологических признаков расте-

ний, относимых различными авторами к *Puccinellia phryganodes* s.l., мы считаем, что растения, относимые к подвидам *P. phryganodes* subsp. *geniculata* и *P. phryganodes* subsp. *sibirica*, как по общему облику, строению цветка, так и по структуре эпидермы находятся в пределах варьирования типового арктического подвида *P. phryganodes* subsp. *phryganodes*. Мы принимаем только 2 подвида одного вида *Puccinellia phryganodes*: *Puccinellia phryganodes* (Trin.) Scribn. et Merr. subsp. *phryganodes* и *Puccinellia phryganodes* subsp. *vilfoidea* (Anderss.) Tzvel. Морфологическая характеристика подвидов *P. phryganodes* subsp. *phryganodes* и *P. phryganodes* subsp. *vilfoidea* приводится в таблице.

Таблица

## Морфологическая характеристика подвидов Бескильницы

Признаки	<i>Puccinellia phryganodes</i> ssp. <i>phryganodes</i>	<i>Puccinellia phryganodes</i> ssp. <i>vilfoidea</i>
Характеристика побегов	Растение 8–30 см высотой, с длинными ползучими побегами. Побеги стелющиеся и укореняющиеся в узлах	Растение 3–12 см высотой, с длинными ползучими побегами. Растения часто имеют многочисленные вегетативные побеги при отсутствии генеративных побегов
Листья	Листья вдоль сложенные, до 2 мм шириной	Листья вдоль сложенные, до 2.3 мм шириной
Метелки	Метелки 3–8 см длиной с гладкими веточками, вначале прижатые, позже отклоненными	Метелки 2–4 см, с малоцветковыми гладкими веточками
Колоски	Колоски с 2–6 цветками; ножки колосков не очень толстые. Цветки 6–8 мм длиной	Колоски с 2–4 цветками; ножки колосков толстые. Цветки 4 мм длиной
Колосковые чешуи	Колосковые чешуи тонкие, уплотненные, с 3 ясными жилками, верхняя 2–3 мм длиной	Колосковые чешуи жесткие, плотные, с 3 неясно выраженными жилками, заметными только при основании, верхняя 1.5–2 мм длиной
Нижние цветковые чешуи	Голые, 3–4 мм длиной, с пленчатой беловатой каймой по краю, с ясно выраженными жилками	Голые, 2.5–3 мм длиной, без пленчатой беловатой каймы по краю, с неясно выраженными жилками
Верхние цветковые чешуи	Киль верхних цветковых чешуй с многочисленными мельчайшими сосочками	Киль верхних цветковых чешуй гладкий
Эпидермальная ткань верхней стороны листовой пластинки	Правильно ячеистая, с хорошо выраженными обильными сосочками. Иногда у образцов с побежья Берингова пролива, о. Врангеля эпидерма неправильно ячеистая, немного вздутые клетки с редкими сосочками	Правильно ячеистая, без бугорков и сосочков, редко с немногочисленными сосочками; иногда эпидермальные клетки вздутые (булавовидные или имеют несколько неправильную форму, приближающуюся к ромбовидной)
Пыльники	2–2.2 мм длиной, от ярко-розовых до темно-фиолетовых, продолговатые	1.5–1.8 мм длиной, фиолетовые, продолговатые
2n	14	28
Распространение	Арктическое побережье России, Камчатка, Сахалин, побережье Охотского моря, Аляска	Шпицберген, п-ов Канин (северная часть), о. Колгуев, о. Новая Земля

Наши данные также показали, что *P. phryganodes* subsp. *phryganodes*, *P. phryganodes* subsp. *geniculata*, и *P. phryganodes* subsp. *sibirica* имеют одинаковое строение эпидермальной ткани – она немного неправильно ячеистая, клетки с хорошо выраженными обильными сосочками. Наличие экземпляров с немного вздутыми, булавовидными



клетками с редкими сосочками на побережье Берингова пролива, на о. Айон, о. Врангеля, указывает на то, что группа *P. phryganodes* s. l. находится в стадии активного видообразования. На наш взгляд, современные подвиды рода *Puccinellia* Parl. сформировались во время миграции предковой формы типа *P. phryganodes* subsp. *geniculata* на восток и на запад от Берингова пролива по северным побережьям Евразии и Америки (Сергиенко, 2008).

#### Список литературы

- Арктическая флора СССР. 1960–1987. – Л. Т. 1–10.  
Камелин Р.В. Лекции по систематике растений. Главы теоретической систематики растений. – Барнаул: «Азбука». 2004. 228 с.  
Цвелев Н.Н. Проблемы теоретической морфологии и эволюции высших растений. Товарищество научных изданий КМК. – М.–СПб. 2005. 407 с.  
Интернет-ресурс: <http://www.binran.ru/projects/paf/index.htm> – Проект Панарктическая флора, 2007.

## ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАСТРУКТУРЫ НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ ГРЕГАРИН – ПАРАЗИТОВ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ БЕЛОГО МОРЯ

**Т.Г. Симдянов**

Московский государственный университет, e-mail: tgsimd@gmail.com

В ходе исследований, проводящихся на Беломорской биологической станции им. Н.А.Перцова Биологического факультета МГУ (Кандалакшский залив Белого моря; 66°33'11"N, 33°06'30"E), были обнаружены и изучены 13 видов грегариин из следующих литоральных и сублиторальных видов хозяев (в скобках указаны названия грегариин): Polychaeta – *Capitella capitata* (*Ancora sagittata*), *Nereis pelagica* (*Lecudina* cf. *pellucida*), *Lumbrineris fragilis* (*Lecudina* cf. *elongata*, *L.* cf. *longissima*, *Lecudina* sp. 1), *Flabelligera* cf. *affinis* (*Selenidium pennatum*), *Harmothoe imbricata* (*Loxomorpha harmothoe*), *Phyllodoce citrina* (*Sphinctocystis phyllodocis*); Nemertini – *Lineus ruber*, *L. viridis* («*Lecudina*» *linei*), *Cerebratulus barentsi* (*Difficilina cerebratuli*); Turbellaria Polyclada – *Notoplana* sp. (*Monocystella* sp.); Ascidiacea – *Ascidia callosa* (*Lankesteria levinei*), *Dendrodoa glossularia* (*Lankesteria cyrtocephala*). Все эти грегарины в настоящее время относятся к отряду Eugregarinida, подотряду Aseptata, семейству Lecudinidae. Трофозоиты грегариин были исследованы с помощью светового, электронного сканирующего и электронного просвечивающего микроскопов, в результате чего было обнаружено неожиданное разнообразие в строении переднего конца и кортикальных структур изученных организмов.

Разнообразие внешней морфологии переднего конца (мукрона) большинства исследованных видов грегариин (не обладающих отбрасывающимися прикрепительными приспособлениями) определяется двумя параметрами – степенью развития апикальной папиллы и наличием или отсутствием гладкой, лишенной эпицитарных гребней площадки вокруг нее.

По этим признакам можно выделить несколько типов строения переднего конца. 1-й тип свойственен *Lecudina pellucida*, *L.* cf. *longissima* и *L.* sp. 1. Гладкая площадка у них отсутствует, а апикальная папилла либо также отсутствует (*L.* cf. *longissima*), либо выражена очень слабо и выглядит как результат слияния гребней (*L. pellucida*, и *L.* sp. 1). Следующий (2-й) тип строения имеет *L.* cf. *elongata*. Он характеризуется отсутствием гладкой площадки и хорошим развитием апикальной папиллы. Такой же степенью развития апикальной папиллы характеризуются *Lankesteria levinei*, *Lankesteria cyrtocephala* и *Sphinctocystis phyllodocis*, но в этом ряду наблюдается тенденция к образованию гладкой площадки за счет уменьшения высоты гребней до нуля, не достигая апикальной папиллы (3-й тип).

Грегарины из немертин: «*Lecudina*» *linei* и *Difficilina cerebratuli* обладают хорошо развитой гладкой площадкой с едва заметной апикальной папиллой (4-й тип).

Особыми, уникальными, типами строения передних концов обладают *Kamptocephalus mobilis*, *Loxomorpha harmothoe* и *Mastigorhynchus bradae*, имеющие отбрасывающиеся прикрепительные приспособления наподобие эпимерита.

На ультраструктурном уровне для цитоплазмы переднего конца трофозоитов характерны те же признаки, что и для эктоплазмы – отсутствие парагликогена, обилие небольших вакуолей, наличие микротрубочек. Можно утверждать, что мукрональная цитоплазма является утолщенным специализированным участком эктоплазмы. У *Lecudina pellucida*, *Lankesteria levinei* и *Difficilina cerebratuli* отмечено наличие вакуолей

с включениями и обилие плотных гранул, которые мы считаем секреторными. Наличие роптрий у *L. pellucida* нашими исследованиями не подтверждается. *L. pellucida* и *D. cerebratuli* имеют хорошо развитую систему продольных микротрубочек в цитоплазме мукрона, что наводит на мысль о транспортной системе, например, пищеварительных вакуолей, хотя мукрональная вакуоль и прочие свидетельства мизоцитоза отсутствуют. Следует также отметить полное отсутствие гранул парагликогена в мукрональной цитоплазме, что объясняет прозрачность мукрона у живых грегариин.

У исследованных видов выявлено большое разнообразие формы и структуры эпицитарных гребней на поперечных срезах. На основании различий в форме контуров гребней на поперечном срезе, структуре гликокаликса, числе апикальных арок и филаментов, а также наличию или отсутствию средней оси, эпициты исследованных видов можно разбить на несколько морфологических типов:

– тип 1 («лекудинный»). Контур гребней на поперечном срезе ампуловидные, часто несколько вздутые и имеющие перехват у основания. Гликокаликс не развит. Апикальные арки и филаменты могут быть выражены в разной степени; не всегда четко, если они есть, то число их около 8. Апикальное утолщение подстилающего слоя выражено слабо, либо не выражено. В эту группу входят эпициты *Lecudina pellucida*, *L. cf. longissima*, *L. sp. 1* и *Ancora sagittata*;

– тип 2. Контур гребней на поперечном срезе пальцевидные – боковые стенки параллельные, вершина закругленная. Гликокаликс почти не развит. Апикальные арки и филаменты развиты хорошо, их число – около 5–8. Имеется средняя ось разной степени развитости. Сюда относится *Lecudina cf. elongata* и *Sphinctocystis phyllococis*;

– тип 3 («ланкестерийный»). Контур гребней на поперечном срезе более или менее пальцевидные, могут быть укороченными. Гликокаликс развит сильно. Апикальных арок – 3–4. Апикальных филаментов 3. Хорошо развита средняя ось. Сюда относятся представители рода *Lankesteria*, грегарины из немертин «*Lecudina*» *linei*, *Difficilina cerebratuli* и турбеллярий (*Monocystella sp.*);

– тип 4. Контур гребней на поперечном срезе расширены на вершине. Гликокаликс плотный, но относительно тонкий. Апикальное утолщение подстилающего слоя развито очень сильно: оно заполняет всю верхушку гребня и достигает его базальной части. Представитель – *Loxomorpha harmothoe*.

Два вида грегариин – *Kamptocephalus mobilis* и *Mastigorhynchus bradae* – обладают аберрантными структурами эпицита, имеющими общие черты: отсутствие «базальной ламеллы», характерное расположение микропор на боковых стенках гребней, плоские вершины, видоизменение апикальных арок и филаментов.

Исследования выполнены при поддержке: РФФИ (грант 09-04-01682-а), Министерства образования и науки РФ (в рамках Федеральной Целевой Программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 г.) и Egide ECO-NET 21312QM (Франция).

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛЕДОВОМ И СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ В 2009 Г.**

**Л.Э. Скибинский, А.Л. Чульцова**

Северо-Западное отделение Института океанологии РАН,  
Архангельск, e-mail: nwdioras@atnet.ru

В период ледостава происходит накопление биогенных веществ (БВ), как во льду, так и снежном покрове р. Сев. Двины. Это приводит к значительному влиянию на состояние экосистемы устья реки и прилегающему Двинскому заливу Белого моря во время весеннего ледохода и таяния снега, так как БВ служат основой поддержания и развития экосистем моря. Импактный выброс в воды реки БВ, накопившихся за весь зимний период в снеговом и ледовом покрове, одна из причин интенсивной весенней вспышки численности фитопланктона.

В период зимней межени (30.03–08.04.2009 г.) Северо-западным отделением Института океанологии им. П.П. Ширшова в устьевой области р. Сев. Двины были отобраны пробы снега, льда и воды. На каждой станции выпиливалось по два керна льда. Один керн анализировали целиком, второй распиливали по характерным слоям на отдельные пробы. Пробы льда и снега раскладывались в герметично закрывающиеся пластиковые ведра для естественного оттаивания, затем, также как и пробы воды, фильтровались через ядерные фильтры диаметром 47 мм с диаметром пор 0.45 мкм (ОИЯИ, г. Дубна). Определение концентрации растворенных минеральных форм фосфора ( $P-PO_4'$ ), нитритного ( $N-NO_2'$ ) и нитратного азота ( $N-NO_3'$ ), кремния проводилось общепринятыми методами (Руководство...1993).

Снежный покров, на станциях отбора проб, был максимальным у г. Новодвинска – 35 см, минимальным – в районе п. Экономии – 16 см. Концентрации  $P-PO_4'$  в снеге менялись от 5.5 до 14.8 мкг/л.

Длина отобранных кернов колебалась от 29 до 63 см. Концентрации  $P-PO_4'$  в отдельных слоях изменялись от 10.2 до 0.3 мкг/л. Максимальные концентрации приходились на верхние слои льда, различной снежно-ледяной структуры, обычно мутные, иногда с органоминеральными вкраплениями. В нижних слоях (чистого прозрачного льда), отобранных кернов льда, концентрации  $P-PO_4'$  не превышали 1 мкг/л. Исключением был керн льда, отобранный в 150 м от правого берега в районе яхт-клуба, где есть сток коммунально-бытовых вод. В керне этой станции величина концентрации была максимальной в сравниваемых слоях, как в верхнем слое (10.2 мкг/л), так и в нижнем слое (3.7 мкг/л). Максимальная концентрация  $P-PO_4'$  во всем керне была на станции у правого берега р. Сев. Двины в 100 м ниже ЖД-моста (6.5 мкг/л), минимальная – на станции, расположенной на зимней ледовой переправе между населенными пунктами Цигломень–Вознесенье (Никольский рукав) (0.6 мкг/л).

В пробах воды (в подледном слое) концентрации  $P-PO_4'$  изменялись от 19.4 мкг/л (г. Новодвинск) и до 56.7 мкг/л (п. Экономия). С приближением к морской границе устьевой области р. Сев. Двины наблюдалось повышение концентрации фосфатов.

Концентрации  $N-NO_2'$  в снеге находились в пределах от 0.7 до 4.1 мкг/л, максимальные значения на правом берегу у ЖД-моста. Измеренная максимальная концентрация  $N-NO_3'$  в снеге – 190.6 (г. Новодвинск), а минимальная – 85.1 мкг/л (п. Экономия). Максимальные концентрации нитритов и нитратов в керне, также как и фосфатов, приходится на верхние слои льда. Концентрации  $N-NO_2'$  в верхних слоях ме-

нялись от 0.87 до 2.6 мкг/л, в нижних – от 0.1 до 0.4 мкг/л. Концентрация  $N-NO_2'$  во всем керне была максимальной 1.3 мкг/л (у ЖД-моста, левый берег), минимальной 0.3 мкг/л (пос. Цигломень). Концентрации  $N-NO_3'$  в верхних слоях изменялись от 18.1 до 55.2 мкг/л, в нижних слоях от 6.1 до 10.6 мкг/л. Концентрация  $N-NO_3'$  во всем керне была максимальной 26.3 мкг/л (г. Новодвинск), минимальной 12.9 мкг/л (пос. Цигломень).

Концентрации  $N-NO_2'$  в подледном слое воды менялись от 1.6 до 3.4 мкг/л, в придонном слое – от 1.4 до 3.2 мкг/л. Концентрации  $N-NO_3'$  в подледном слое воды изменялись от 151.5 до 349.2 мкг/л, в придонном слое – от 209.2 до 391.8 мкг/л. С приближением к морской границе устьевой области р. Сев. Двины наблюдалось повышение концентраций нитритов и нитратов в воде, как и концентрации фосфатов. Концентрации нитритов в воде с глубиной уменьшались, а концентрации нитратов – увеличивались.

Концентрация растворенного кремния в снеговых пробах, пропитанных речной водой на станциях отбора достигала 1428 мкг/л. В пробах свежеснежавшего снега концентрации были незначительными (16–35 мкг/л). Концентрации растворенного кремния в разных слоях керна, зависели от условий ледообразования. Так, в верхнем слое льда, отобранного у яхт-клуба, отмечена максимальная концентрация 1908 мкг/л (структура льда снежно-водяная слоистая). Минимальные концентрации в нижних слоях кернов, обычно прозрачном льде, без следов инородных включений (минимум – г. Новодвинск, 5 мкг/л). Интервал изменения концентрации кремния в целом керне от 5 мкг/л (пос. Цигломень) до 239 мкг/л (ЖД-мост, левый берег).

Средняя концентрация растворенного кремния в пробах воды была 4708 мкг/л. Уменьшение концентрации происходило по мере приближения к морской границе устьевой области р. Сев. Двины (речные воды содержат больше кремния, чем морские). У п. Экономии отмечено понижение концентрации растворенного кремния в фазу полной воды до 4296 мкг/л.

Исследования показали, что концентрации определяемых БВ в воде устьевой области р. Сев. Двины в период зимней межени 2009 г. лежали в рамках многолетних средних значений этого периода года (Кузнецов и др., 1991). Участки с наибольшим содержанием БВ в снежном и ледовом покрове реки находятся в центральной части г. Архангельска (от ЖД-моста до Яхт-клуба) и в районе п. Экономии. На структуру льда, на величины содержания БВ в нем, их изменчивость по вертикали (в керне льда) влияют условия ледообразования, приближенность к промышленным районам. В основном, в верхней части керна концентрации БВ выше, чем в нижней части.

Исследования 2009 г. проведены при поддержке регионального гранта РФФИ «Север» № 08-05-98814.

### Список литературы

- Кузнецов В.С., Мискевич И.В., Зайцева Г. Б. Гидрохимическая характеристика крупных рек бассейна Северной Двины, – Л., Гидрометеоздат, 1991. 195 с.  
Руководство по химическому анализу морских вод. – СПб. 1993. 264 с.

## ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ЭКОТОПИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ ПРИБРЕЖНЫХ ЭПИЛИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

**А.В. Сони́на**

Петрозаводский государственный университет, e-mail: angella@onego.ru

Изучение эпилитных лишайников на побережье Белого моря проводилось в течение июля 2007–2009 гг. на базе Беломорской биологической станции ЗИН РАН мыс Картеш (2007 г.), в окрестностях пос. Чупа Лоухского района Республики Карелии (2008 г.), на базе Кандалакшского государственного природного заповедника в пос. Лувеньга и окрестностях г. Кандалакша Мурманской области (2009 г.). В последнее время опубликованы работы по изучению видового разнообразия и особенностей в распространении лишайников на отдельных участках в пределах прибрежных территорий Кандалакшского залива Белого моря (Гимельбрант и др., 2001; Жданов, Дудорева, 2003; Сони́на, Мелентьев, 2008). Целью данного исследования является выявление видового разнообразия эпилитных прибрежных лишайников в связи с их приуроченностью к определенным местообитаниям.

Исследован лишайниковый покров прибрежных скальных образований в виде монолитных выходов кристаллических пород магматического происхождения (полосчатые гнейсы) и валунов и каменных глыб, слагающих приливно-отливную зону на исследованном побережье Кандалакшского залива.

Видовое разнообразие лишайников и характеристики абиотической среды оценивали методами трансект и учетных площадей (Фадеева, Сони́на, 2007). Трансекты прокладывали от линии уреза воды до сформированного почвенно-растительного комплекса. Вдоль трансект на учетных площадках (рамка 10×20 см) отмечали число видов лишайников, покрытие отдельных видов, общее и/или суммарное покрытие видов в описании, экологические характеристики: расстояние от линии уреза воды (м), структуру скального субстрата (целостность или трещиноватость (баллы от 1 до 6) (Фадеева, Сони́на, 2007). Всего проложено 29 трансект, описан лишайниковый покров на 870 учетных площадках. Собранные образцы лишайников хранятся в гербарии кафедры ботаники и физиологии растений Петрозаводского государственного университета (PZV).

На исследованных территориях лишайники встречаются в верхней части литорали (приливно-отливная зона) и на супралиторали. Лишайниковый покров ограничен со стороны литорали сообществами водорослей с доминированием фукуса (*Fucus* sp.), а в верхней части супралиторали – растительными сообществами с преобладанием в древостое сосны (*Pinus* sp.) и березы (*Betula* sp.), в кустарничковом ярусе – брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.), водяники (*Empetrum nigrum* L.), и в мохово-лишайниковом ярусе – листостебельных мхов и кустистых видов лишайников, в основном рода *Cladonia* (Сони́на, Мелентьев, 2008). Развитие прибрежного лишайникового покрова, таким образом, происходит в условиях экотона, на границе влияния двух сред «водной» и «лесной».

Всего на исследованной территории выявлен 91 вид лишайников, которые относятся к 40 родам и 20 семействам. Наибольшее родовое разнообразие представлено в семействе *Parmeliaceae* (9 родов), многовидовыми являются семейства *Cladoniaceae* (20 видов), *Parmeliaceae* (16), *Rhizocarpaceae* (6), *Lecanoraceae* (5). Остальные семейства содержат 4–1 вид.

Распространение эпилитных лишайников на отдельных участках зависит как от силы влияния водоема (приливно-отливной режим, охлестывание штормовой волной), так и от свойств субстрата. Эти характеристики легли в основу выделения типов экотопов. В зависимости от удаленности от линии уреза воды и структуры лишайникового покрова на прибрежных скальных образованиях выделяются 4 зоны (Сони́на и др., 2000; Сони́на, Мелентьев, 2008) в пределах, которых описаны 10 типов экотопов (Сони́на, Мелентьев, Антонова, 2010). Проведенный анализ позволил расположить экотопы в эколого-динамический ряд от линии уреза воды до сформированного почвенно-растительного комплекса. У уреза воды (первая зона) и вблизи растительного комплекса (четвертая зона) условия на скальных выходах и валунах более гомогенны и выделяются только 1–2 типа экотопов, которые осваивают ограниченное число видов лишайников. С одной стороны ограничение в распространении лишайников связано с жестким влиянием «водного» фактора (первая зона, тип экотопа I), а с другой стороны влиянием почвенно-растительного комплекса (четвертая зона, типы экотопов IX и X), которое проявляется через конкурентные отношения между биотическими компонентами. Тогда как, во второй и третьей зонах отмечается большое экотопическое (6 типов экотопов) и соответственно видовое разнообразие лишайников (около 80 видов).

Исследование выполнено по гранту № 3832 в рамках целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы».

### Список литературы

- Гимельбрант Д.Е., Мусякова В.В., Жубр И.А. Кустистые и листоватые лишайники Керетского архипелага (Белое море) // *Новости систематики низших растений*. 2001. Т. 34. С. 109–117.
- Жданов И.С., Дудорева Т.А. Лишайники приморских местообитаний побережья и островов Кандалакшского залива Белого моря // *Бот. журн.* 2003. Т. 88, № 2. С. 34–41.
- Сони́на А.В., Мелентьев М.В. Прибрежная лишенобиота мыса Картеш (Кандалакшский залив, Белое море) / *Материалы XII Делегатского Съезда РБО.* – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. С. 241–243.
- Сони́на А.В., Мелентьев М.В., Антонова А.С. Экотопическое распределение видов лишайников на прибрежных скалах Кандалакшского залива Белого моря // *Труды Карельского научного центра РАН. Сер. Биогеография.* – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010 (в печати).
- Сони́на А.В., Фадеева М.А., Марковская Е.Ф. Закономерности формирования прибрежных эпилитных лишайниковых сообществ Восточного побережья Онежского озера // *Бот. журн.* 2000. Т. 79, № 8. С. 98–106.
- Фадеева М. А., Сони́на А. В. Методические подходы к изучению роли лишайников в разрушении памятников древнего наскального искусства / *III Всероссийская школа-конференция «Актуальные проблемы геоботаники».* – Петрозаводск, 2007. Ч. 2. С. 351–355.

## ПОЧЕМУ НЕ СХОЖИ МЕЖДУ СОБОЙ СООБЩЕСТВА СУБЛИТОРАЛЬНОГО МАКРОБЕНТОСА ГОРЛА И ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

**В.А. Спиридонов<sup>1</sup>, Е.Ю. Солянка<sup>2, 3</sup>, А.Д. Наумов<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Институт океанологии РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Institute for Estuarine and Coastal Studies, University of Hull, UK

<sup>3</sup>Калининградский государственный технический университет, Россия

<sup>4</sup>Зоологический институт РАН, С.-Петербург, Россия.

Как Горло, так и Онежский залив Белого моря это районы естественно ограниченные береговой линией и донным рельефом и характеризующиеся каждый своим специфическим гидрологическим режимом. Они сравнительно мелководны (хотя преобладающие глубины в Горле больше), а в формировании их гидрологического режима большую роль играют сильные приливные течения, перемешивающие толщу воды (Pantulyin, 2003; Filatov et al., 2005). Оба района являются местами массового обитания некоторых донных видов, таких как красноватая песчаная креветка (*Crangon allmanni*), которые в других районах Белого моря встречаются редко, или не встречаются вообще (Спиридонов и др., 2008). Наличие таких видов-индикаторов позволило поставить вопрос, существует ли более общее сходство между сообществами бентоса Горла и Онежского залива.

Задачами нашего исследования был сравнительный анализ структурных характеристик сообществ сублиторального макробентоса Горла и Онежского залива. Материалом послужили оригинальные данные, собранные по сходной методике дночерпателем ван Вина и эпибентосным салазочным тралом в Горле 2004 г. (15 станций), а в Онежском заливе в 2006 г. (20 станций), а также результаты исследований Беломорской биологической станции Зоологического института РАН в 1980-х годах, организованные в специализированную базу данных (Наумов, 2006). Кроме этого для составления общего списка видов для района Горла использовались исторические материалы К.М. Дерюгина (1928), а для Онежского залива – Л.А. Кудерского (1966), приведенные к современной таксономической номенклатуре с помощью экспертов по определенным группам.

В Горле отмечен 321 вид и 41 неопределенный до вида таксон сублиторального макрозообентоса. В Онежском заливе в съемках Беломорской биологической станции Карело-Финского филиала АН СССР в 1940–50-х годах, ЗИН РАН и экспедиции 2006 г. отмечено 464 вида. Добавление литературных данных, приводимых Л.А. Кудерским (1966), увеличивает список до 609 видов и 52 неопределенных до вида таксонов. По соотношению основных таксонов рассматриваемые фауны близки, в фауне Горла несколько выше доля видов Hydrozoa. Близки и значения показателя таксономического отличия (Clarke, Warwick, 1999), достигающего высокой величины (около 96) и статистически не различающегося между рассматриваемыми районами. Это указывает на то, что в составе фаун практически отсутствуют отряды, семейства и роды, включающие заметное количество низших по рангу таксонов.

Биомасса сублиторального макробентоса в Горле в целом низка и редко превышает 100 г/м<sup>2</sup>, в Онежском же заливе, напротив, она, как правило, выше 100 г/м<sup>2</sup> и нередко превышает 500 г/м<sup>2</sup>. Доминирование по биомассе определенных видов и даже таксономических групп в Горле выражено плохо. В Онежском заливе можно выделить ряд видов и групп, в основном двусторчатых моллюсков и усоногих ракообразных, таких как



*Modiolus modiolus*, *Chalamys islandica*, *Arctica islandica*, *Clinocardium ciliatum*, *Balanus balanus*, являющихся обычными доминантами донных сообществ.

Показатели доминирования, рассчитанные по численности, в Горле в целом ниже (достоверной разницы не отмечено), чем в Онежском заливе. Показатель олигомиксности А.Д. Наумова статистически достоверно ниже в Горле, т. е. доминирование по биомассе выражено здесь слабее, чем в Онежском заливе. Выравненность обилия видов (показатель Пиелу) достоверно выше в Горле, при этом в Онежском заливе имеется набор так называемых «значимых» видов. Показатели выравненности донных сообществ с доминированием *Modiolus modiolus*, красных и известковых водорослей в районе Еремеевского порога в проливе Великая Салма в Кандалакшском заливе (где развиваются достаточно сильные приливные течения) схожи с Онежским заливом. При этом характеристики макрозообентоса подвергающейся значительному гидродинамическому воздействию и перемещению осадков верхней сублиторали прибойного пляжа на о. Оленевский в проливе Великая Салма (Солянка, Спиридонов, 2008) схожи с соответствующими показателями в Горле. Хотя масштабы исследований в Горле и на о. Оленевский различны, в обоих случаях на выравненность распределения видов влияет, по-видимому, значительный физический стресс, вызванный активной гидродинамикой и перемещением осадков.

Более низкая биомасса макробентоса в Горле, очевидно, связана с более сильными (до 2.5 м/сек<sup>1</sup>) придонными течениями (Тимонов, 1950; Filatov et al., 2005) и исключительно нестабильной литодинамикой в этой части Белого моря (Невесский и др., 1977; Рыбалко и др., 1989), а также меньшим, чем в Онежском заливе, прогревом воды, меньшим объемом пресного стока, низкой первичной продукцией в толще воды и отсутствием условий для значительной аккумуляции органического вещества в донных осадках в Горле (Романкевич, Ветров, 2001). Для ряда видов бореального происхождения критическим фактором может быть и длительное зимнее выхолаживание толщи воды Горла до минимальных температур (Тимонов, 1950; Kosobokova et al., 2004). В результате в Горле отсутствуют условия для формирования стабильных обширных поселений целого ряда видов, принадлежащих к трофическим группам детритофагов и сестонофагов придонного слоя, и способных создавать высокую биомассу. В таких условиях можно ожидать, что доминирование будет выражено слабо, а выравненность распределения видов по численности достаточно высока.

В Онежском заливе скорость приливных течений несколько меньше, чем в Горле (обычно около 2 м/сек<sup>1</sup> или ниже), а литодинамические и седиментологические условия не столь нестабильны и допускают накопление алевролитов и алевропелитов в осадках. Летний прогрев водной толщи значителен (в сравнении с другими районами Белого моря) благодаря расположению залива в более низких широтах. Вследствие более высокой, чем в Горле продукции фитопланктона и поступлению аллохтонной органики с речным стоком (Романкевич, Ветров, 2001) условия среды в Онежском заливе благоприятны для большего количества видов и трофических групп макробентоса. Моллюски – сестонофаги придонного слоя получают в этих условиях преимущество и создают долгоживущие поселения, накапливая значительную биомассу и доминируя в сообществах.

Данная работа выполнена в рамках проекта РФФИ 10-05-00813-а.

#### Список литературы

- Дерюгин К.М. Фауна Белого моря и условия ее существования. / Исследования морей СССР. 1928, вып. 78, с. 1–511
- Кудерский Л.А. Донная фауна Онежского залива Белого моря. // Труды Карельского отделения ГосНИОРХ, 1966, т. 6, (2). С. 204–371
- Наумов А.Д. Двустворчатые моллюски Белого моря. Эколого-фаунистический анализ. / Исследования фауны морей, 2006, вып. 59 (67), с. 1–351
- Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. – М.: Наука, 1977. 236 с.
- Романкевич Е.А., Ветров А.А. Цикл углерода в арктических морях России. – М.: Наука. 2001. 302 с.

- Рыбалко А.Е., Спиридонов М.А., Кропачев Ю.П., Москаленко П.Е., Нечаев М.Г., Такки Д.Ф., Хан Ю.В. Обработка и интерпретация материалов локации бокового обзора для определения вещественного состава поверхностных образований шельфа. Методические рекомендации. – Л.: Всесоюзный геологический институт им. А.П. Карпинского, 1989. 45 с.
- Солянка Е.Ю., Спиридонов В.А. Донная макрофауна прибойного пляжа и прилегающей сублиторали в районе пролива Великая Салма (Кандалакшский залив Белого моря). / Материалы научной конференции, посвященной 70-летию Беломорской биологической станции МГУ. Сборник статей. – М.: Гриф и К, 2008. С. 115–118.
- Спиридонов В.А., Соколов В.И., Кренке И., Тюркай М. Как формируется «кружево ареала» красноватой песчаной креветки *Crangon allmanni* Kinahan (Crustacea: Decapoda)? / Материалы научной конференции, посвященной 70-летию Беломорской биологической станции МГУ. Сборник статей. – М.: Гриф и К, 2008. С. 121–123.
- Тимонов В.В. Основные характеристики гидрологического режима Белого моря. В кн. Сборник памяти Ю.М. Шокальского, ч. 2, – М.–Л. С. 206–235.
- Clarke K.R., Warwick R.M.. The taxonomic distinctness measure of biodiversity: weighting of step lengths between hierarchical levels. // Marine Ecology-Progress Series .1999 V. 184, p. 21–29.
- Filatov N.N., Pozdnyakov D.V., Ingebeikin Yu.I., Zdorovenov R.E., Melentyev V.V., Tolstikov A.V., Pettersson L.H. Oceanographical regime. / Filatov N.N., Pozdnyakov D.V., Johannessen O.M. (eds) White Sea. Its Marine Environment and Ecosystem Dynamics Influenced by Global Change. – Chichester. Springer-Praxis Publishing 2005. P. 73–154
- Kosobokova K.N., Pantiulin A.N., Rachor E., Rat'kova T.N., Shevchenko V.P., Agatova A.I., Lapina N.M., Belov A.A. Multidisciplinary oceanographic studies in the White Sea in April 2003. // Oceanology/ 2004. V. 44. P. 313–320
- Pantiulin A.N. Hydrological system of the White Sea. // Oceanology. 2003. V. 43. P. S1–S14.

Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 178–181.

## ПЛАНКТОННЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ ВОДОЕМОВ ПОБЕРЕЖЬЯ БЕЛОГО МОРЯ

**И.А. Стогов, Н.В. Полякова, А.И. Старков, Е.А. Мовчан**

С.-Петербургский государственный университет, igor\_stogov@mail.ru

Наскальные ванны и малые озера обычны на побережье Белого моря (Вехов, 1974; Луканин, Наумов, Федяков, 1995; Гришанков, Нинбург, 1995; Стогов и др., 1988; 1996; 2001; 2005; 2009; Мовчан, 2000). Основой для анализа видовых списков планктонных коловраток и ракообразных водоемов побережья Кандалакшского залива Белого моря послужили материалы, собранные и опубликованные авторами в 1985–2009 гг.

Видовые списки насчитывают 92 формы, в том числе 40 видов коловраток, 30 – ветвистоусых и 22 – веслоногих ракообразных (таблица).

Таблица.

Планктонные коловратки и ракообразные водоемов побережья Белого моря.

Организмы	Озера побережья	Ванны пресные	Ванны зоны заплеска
<i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty			+
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	+		
<i>Bdelloida</i>		+	+
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof)	+		
<i>Brachionus angularis</i> Gosse			+
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas	+	+	
<i>Brachionus plicatilis</i> Müller			+
<i>Brachionus urceus</i> (Linnaeus)			+
<i>Cephalodella</i> sp.	+		+
<i>Collotheca pellagica</i> (Rousselet)			+
<i>Collurella dicentra</i> (Gosse)			+
<i>Collurella obtusa</i> (Gosse)		+	+
<i>Conochilus hippocrepis</i> (Schrank)	+		
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet	+		
<i>Epiphanes macroura</i> (Barrois et Daday)		+	+
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg	+		
<i>Filinia major</i> (Colditz)	+		
<i>Hexartra</i> sp.	+		+
<i>Kellicotia longispina</i> (Kellicott)	+		
<i>Keratella cohlearis</i> (Gosse)	+		+
<i>Keratella hiemalis</i> Carlin	+		
<i>Keratella quadrata</i> (O.F. Müller)		+	+
<i>Lecane flexilis</i> (Gosse)		+	+
<i>Lecane M. lunaris</i> (Ehrenberg)		+	+
<i>Lepadella ovalis</i> (O.F. Müller)		+	
<i>Lepadella patella</i> (O.F. Müller)			+

Таблица (продолжение)

Организмы	Озера побережья	Ванны пресные	Ванны зоны заплеска
<i>Monommata longiseta</i> (Müller)		+	+
<i>Mytilina mucronata</i> (Müller)		+	+
<i>Notholca accuminata</i> (Ehrenberg)		+	+
<i>Notholca bipalium</i> (O.F. Müller)			+
<i>Notholca labis</i> Gosse			+
<i>Notholca squamula salina</i> Focke			+
<i>Platyas</i> sp.	+		
<i>Ploesoma truncatum</i> (Levander)	+		
<i>Polyarthra</i> sp.	+		
<i>Proales</i> sp.		+	+
<i>Synchaeta</i> sp.	+		+
<i>Testudinella patina</i> (Hermann)			+
<i>Trichocerca longiseta</i> (Schrank)	+	+	+
<i>Trichotria truncata</i> (Whitelegge)		+	
Всего Rotifera	17	14	26
<i>Acatholeberis curvirostris</i> (O.F. Müller)		+	
<i>Acroperus harpae</i> (Baird)	+		
<i>Alona affinis</i> Leydig	+		
<i>Alonella exisa</i> (Fisher)	+		
<i>Alonella nana</i> (Baird)		+	+
<i>Alonopsis elongata</i> (Sars)	+		
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Müller)	+		
<i>Bosmina obtusirostris</i> Sars		+	+
<i>Bythotrephes longimanus</i> Leydig	+		
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars	+		
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F. Müller)		+	+
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller)	+	+	+
<i>Daphnia cristata</i> Sars	+		
<i>Daphnia longispina</i> O.F. Müller	+	+	+
<i>Daphnia magna</i> Straus		+	+
<i>Daphnia pulex</i> (De Geer)		+	+
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin)	+		
<i>Eurycercus lamellatus</i> (O.F. Müller)	+		
<i>Evadne nordmanni</i> Lovén			+
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer)	+		
<i>Holopedium gibberum</i> Zaddach	+		
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke)	+		
<i>Limnospira frontosa</i> Sars	+		
<i>Macrothrix hirsuticornis</i> Norman and Brady	+	+	
<i>Peracantha truncata</i> (O.F. Müller)	+		
<i>Podon leuckarti</i> Sars			+
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linnaeus)	+	+	

Таблица (окончание)

Организмы	Озера побережья	Ванны пресные	Ванны зоны заплеска
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F. Müller)		+	+
<i>Sida cristallina</i> (O.F. Müller)	+		
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Müller)	+		
Всего Cladocera	21	11	10
<i>Acanthocyclops languidus</i> (G.O. Sars)		+	+
<i>Acanthocyclops vernalis</i> (Fischer)			+
<i>Acanthocyclops viridis</i> (Jurine)	+		
<i>Acartia longiremis</i> (Lilljeborg)			+
<i>Canthocamptus staphylinus</i> (Jurine)	+		
<i>Centropages hamatus</i> (Lilljeborg)			+
<i>Cyclops scutifer</i> Sars	+		
<i>Ectinosoma neglectum</i> Sars			+
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg)		+	+
<i>Eurytemora affinis</i> (Poppe)			+
<i>Eurytemora lacustris</i> (Poppe)		+	+
<i>Harpacticus uniremus</i> Krøyer			+
<i>Hetercope appendiculata</i> Sars	+		
<i>Limnocalanus macrurus</i> Sars	+		
<i>Mesochra rapiens</i> (Schmeil)			+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)	+		
<i>Microcyclops varicans</i> (Sars)		+	+
<i>Microsetella norvegica</i> (Boeck)			+
<i>Nitocra spinipes</i> Boeck			+
<i>Oithona similis</i> Claus			+
<i>Temora longicornis</i> (O.F. Müller)			+
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars)	+	+	
Всего Copepoda	7	5	15
Всего видов	45	30	51

Наибольшее количество видов Rotifera (26) и Copepoda (15) обнаружено в заплесковых наскальных ваннах, Cladocera (21) – в планктоне озер беломорского побережья. Анализ видовых списков позволяет заключить, что в наскальных ваннах супралиторали за счет разнообразия коловраток (29 видов) и веслоногих ракообразных (16 видов) сформировался наиболее богатый таксономически ротаторно-копеподный зоопланктон. Планктон малых озер беломорского побережья менее разнообразен и имеет выраженный кладоцерно-ротаторный характер.

#### Список литературы

- Вехов Н.В. Особенности зоопланктона наскальных ванн островов Белого моря // Биология Белого моря, 1974, том 4. С. 49–64.
- Гришанков А.В., Нинбург Е.А. Общая характеристика супралиторали / Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования (часть 1). Исследование фауны морей. СПб., 1995. Вып. 42 (50). С. 193–197.
- Луканин В.В., Наумов А.Д., Федяков В.В. Вертикальная зональность Белого моря / Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования (часть 1). Исследование фауны морей. СПб., 1995. Вып. 42 (50). С. 189–193.
- Мовчан Е.А., Полякова Н.В., Стогов И.А. Наскальные ванны как объект долгосрочного мониторинга // Вестн. СПб ун-та. Сер. 3. 2000. вып. 3, № 11. С. 18–19.

- Стогов И.А. Динамика зоопланктона малых озер Карельского берега Белого моря. 1. Видовое разнообразие и закономерности распределения // Вестник ЛГУ. Сер. 3. 1988. Вып. 4, № 24. с. 17–23.
- Стогов И.А., Мовчан Е.А., Полякова Н.В., Сухопарова Е.Ю. Физико-химические и биологические характеристики наскальных ванн островов Керетского архипелага Кандалакшского залива Белого моря в 1990–1994 гг. // Вестн. СПб ун-та, Сер. 3. 1996. Вып. 2, № 10. С. 17–23.
- Стогов И.А., Панина С.Н., Полякова Н.В., Иванова Т.С. Лимнологические исследования на МБС СПбГУ // Вестн. СПб ун-та. Сер. 3. 2001. вып. 4 № 27. С. 92–96.
- Стогов И.А., Мовчан Е.А. К исследованию эфемерных водоемов морских побережий // Вестн. СПб ун-та. Сер. 3. 2005. вып. 3. С. 87–91.
- Стогов И.А., Мовчан Е.А., Полякова Н.В., Старков А.И. Долговременные исследования структурных характеристик сообществ планктонных и донных беспозвоночных беломорских пресноводных наскальных ванн // Вестн. СПб ун-та. Сер. 3. 2009. вып. 3. С. 158–168.

*Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 182–183.*

## **ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЛИТОРАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА ЛАПШАГИНСКОГО ЭСТУАРИЯ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ)**

**А.П. Столяров**

Московский государственный университет, e-mail: macrobenthos@mail.ru

Эстуариями принято называть переходные зоны между морскими и пресными водами, характеризующиеся в разной мере выраженным градиентом солености и весьма изменчивым гидрологическим режимом. В этих условиях формируется весьма специфическое видовое разнообразие жизни, включающее различные группы организмов, распределение которых ограничено определенной соленостью воды (Хлебович, 1974; Бурковский, Столяров, 1995).

Помимо солености, заметное влияние на структуру сообщества эстуария могут оказывать характер грунта, содержание в нем органического вещества, Eh и pH осадка, время осушения во время отлива, присутствие маршевой растительности (Бурковский, 1992; Столяров и др., 2002; Junoy et al., 1990). Наложение этих факторов, реализующихся в разных пространственных направлениях и масштабах, может приводить к формированию сложной многовекторной структуры сообщества.

Исследование проводили в июне и сентябре 2006 г. Пробы макробентоса отбирали на 6 постоянных разрезах, расположенных последовательно вдоль Лапшагинского эстуария по мере увеличения солености воды в направлении от кутового района к морю.

За исследованный период было обнаружено 25 видов беспозвоночных животных и 11 видов морских трав и водорослей

Установлено, что показатели видового разнообразия, общей плотности и биомассы сообщества макробентоса резко возрастали от кутовых опресненных участков Лапшагинского эстуария к мористым, имеющих более высокую и стабильную соленость. К концу вегетативного сезона происходит увеличение всех структурных показателей сообщества макробентоса (видового разнообразия, общей плотности и биомассы беспозвоночных животных), связанное с их ростом, размножением и распространением по эстуарию.

Для выявления структурных отличий локальных сообществ вдоль продольной оси Лапшагинского эстуария был проведен кластерный анализ для каждого горизонта литорали. В целом наибольшее сходство демонстрируют сообщества нижней литорали, наименьшее – верхней. При этом сходство станций возрастает к концу сезонной сукцессии, а различия в структуре сообществ в разных горизонтах литорали сглаживаются. Надо отметить, что значимые отличия в видовой структуре сообщества наблюдаются между станциями, находящимися в куту эстуария, и станциями разрезов, расположенных в мористой области, что подтверждает наличие в Лапшагинском эстуарии двух участков, существенно различающихся структурой формирующихся сообществ макробентоса. К концу летнего сезона по мере повышения солености воды продольный градиент структуры сообщества становится менее выраженным, а наиболее существенные изменения в пространственной структуре сообщества наблюдаются относительно ма-реографического уровня.

Выявлена тенденция увеличения среднего индивидуального веса беспозвоночных животных от верхних горизонтов литорали к средним и нижним и от кутовых участков эстуария к мористым. К концу сезона средний индивидуальный вес организмов макро-

бентоса значительно вырос в сообществе нижней литорали и снизился в средней и верхней, что связано с повышением общей солености воды и увеличением доли морских эвригалинных крупных моллюсков в нижней литорали (*Mytilus edulis*, *Mya arenaria*, *Littorina saxatilis*, *Littorina littorea*, *Macoma balthica*) и популяции мелкой *Hydrobia ulvae* – в средней и верхней.

### Заключение

К концу вегетативного сезона происходит увеличение всех структурных показателей сообщества макробентоса, что связано с их ростом, размножением и распространением по всему эстуарию.

Морские эвригалинные виды в течение сезона все более осваивают опресненный участок эстуария, включая верхние горизонты литорали. При этом границы между опресненным и мористым районами, а также между разными горизонтами литорали размываются, а сообщество макробентоса становится более интегрированным.

### Список литературы

- Бурковский И.В. Структурно-функциональная организация и устойчивость морских донных сообществ. – М.: Изд-во МГУ. 1992. 208 с.
- Бурковский И.В., Столяров А.П. Особенности структурной организации макробентоса в биотопе с выраженным градиентом солености // Зоол. журн. 1995. Т. 74. Вып. 2. С. 32–47.
- Столяров А.П., Бурковский И.В., Чертопруд М.В., Удалов А.А. Пространственно-временная структура литорального сообщества макробентоса в эстуарии (Кандалакшский залив, Белое море) // Успехи соврем. биол. 2002. Т. 122. № 6. С. 537–547.
- Хлебович В.В. Критическая соленость биологических процессов. – Л.: Наука. 1974. 235 с.
- Junoy J., Vietez J.M. Macrozoobenthic community structure in the Ria de Foz, an intertidal estuary (Galicia, Northwest Spain) // Marine Biology. 1990. V. 107. P. 329–339.



*Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. XI Всероссийская конференция с международным участием. 9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 184–185.*

## **ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ И ХЛОРОФИЛЛ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ**

**Е.В. Теканова, И.Ю. Потапова**

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, e-mail: etekanova@mail.ru

Крупные заливы Белого моря, в том числе Онежский, подвержены значительному влиянию речного стока. В приустьевых участках крупных рек, где пресные воды взаимодействуют с солеными морскими, формируются маргинальные фильтры (Лисицын, 1994) – места осаждения привносимой с речной водой взвеси.

С целью изучения влияния приливно-отливных процессов на перенос вещества и распределение химических и биологических характеристик в разных участках Онежского залива (с речным стоком и без такового) в июле 2008 г. Институтом водных проблем Севера КарНЦ РАН, ИО РАН и ИВП РАН была проведена комплексная экспедиция. В рамках экспедиции изучался и характер распределения продукционных характеристик фитопланктона (хлорофилла *a* и первичной продукции) в прибрежной зоне залива.

Исследования были выполнены в периоды прилива и отлива на 4 разрезах – в эстуарном участке крупной реки Кемь, около устья реки Нижний Выг, в приустьевом участке маленькой реки Нижняя Золотица и на участке без речного стока у мыса Чесменский. Концентрация хлорофилла *a* в воде определялась спектрофотометрически (Гост..., 1990). Первичная продукция измерялась скляночным кислородным методом (Винберг, 1960), при пересчете данных на углерод ассимиляционный коэффициент принимался равным 1.25.

Было выявлено, что в исследуемый период содержание хлорофилла *a* в воде прибрежной зоны изменялось в пределах от 0.25 до 3.86 (в среднем 1.35) мкг/л<sup>1</sup>, что не противоречит данным, имеющимся в литературе для этого залива. В распределении хлорофилла вдоль разрезов присутствует некоторая «пятнистость», тем не менее, на участках с речным стоком прослеживается тенденция к уменьшению концентраций по мере удаления от берега. Эта направленность четко прослеживается в приустьевых участках р. Кемь и Нижняя Золотица (разница в 6–8 раз), менее выражено – вблизи устья р. Нижний Выг (разница 2 раза) и вполне объясняется увеличением доминирующей роли в морском сообществе диатомовых планктеров по сравнению с речными водами. Так, при отсутствии распреснения вод (мыс Чесменский), подобного распределения концентраций хлорофилла в воде обнаружено не было. При сопоставлении данных, полученных в прилив и отлив, определенно можно сказать лишь о 2–3 разовом сокращении содержания в воде этого пигмента в период отлива на участке с мощным стоком р. Кемь в точке с речной водой и в зоне смешения пресных и морских вод. Возможно, такое снижение – результат функционирования здесь маргинального фильтра.

Скорость продуцирования органического вещества в прибрежной зоне залива также изменялась в широких пределах, – от 20 до 280 мг С/м<sup>3</sup> сут.<sup>1</sup> в зависимости от разреза, удаленности точек от берега и фазы прилива. В целом, наименьшими величинами первичной продукции характеризовался мелководный разрез в эстуарии р. Кемь, а наибольшими – самый глубокий разрез у мыса Чесменский. Увеличение активности первично-продукционного процесса с глубиной прослеживалось также и вдоль разрезов по мере удаления от берега, за исключением участка у р. Нижняя Золотица. Более выражен этот градиент на мелководных разрезах в эстуариях рек Кемь и Нижний Выг (до 6

раз), тогда как на глубоководном разрезе у мыса Чесменский разница между продукцией прибрежных и дальних точек не превышала 2 раз. Возрастание величин первичной продукции на глубоководных точках разреза у мыса Чесменский (58 м) может быть связано с течениями, проходящими там вдоль берегов и несущими фитопланктон. Определенную роль здесь также может играть и возрастание с глубиной устойчивости среды за счет возможности расслоения толщи воды по температуре, плотности и т. д. (Бергер, 2007). С другой стороны, на понижение активности первичного продуцирования в прибрежных участках эстуариев рек Кемь и Нижний Выг (распресненные участки), возможно, определенное влияние оказывают «маргинальные фильтры», а именно, снижение здесь прозрачности в результате активного осаждения привносимых с речным стоком веществ. Как показали измерения прозрачности, на прибрежных точках эстуарных участков она сокращалась в 2.6 и 3.6 раз соответственно в сравнении с дальними точками, тогда как на разрезах у мыса Чесменский и р. нижняя Золотица с маленьким расходом воды – не более чем в 1.5 раза. Сравнение первичной продукции в фазы прилива и отлива показало, что ее величины в прибрежных и срединных точках разрезов, как правило, в 1.7–2.6 раза выше в период прилива, на дальних точках – практически не различались. Исключением являлся разрез у р. Нижняя Золотица, где никакой определенной направленности первично-продукционного процесса выявить не удалось. В целом, можно предположить, что в прилив из открытой глубоководной части залива к прибрежью выносятся фитопланктон.

Таким образом, в результате исследований была обнаружена тенденция к взаимно-обратному распределению скорости первичной продукции и содержания хлорофилла «а» в эстуарных участках крупных рек, то есть, по мере удаления от берега увеличивалась ассимиляционная активность хлорофилла (САЧ). Действительно, если в зоне смешения морских и речных вод этот показатель составлял 8–67 мг С мг Chl<sup>-1</sup>, то в морской воде – 60–240, что более соответствует морскому фитопланктону. Кроме того, в зоне смешения соленых и речных вод отмечено снижение первично-продукционных характеристик планктона.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 06-05-64760.

#### **Список литературы**

- Бергер В.Я. Продукционный потенциал Белого моря. Исследования фауны морей. – СПб.: ЗИН РАН, 2007. Т. 60 (68). 292 с.
- Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. – Минск: АН СССР, 1960. 330 с.
- ГОСТ 17.1.04.02-90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла. – М.: Изд-во «Стандарт», 1990. 15 с.
- Лисицын А.П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. 1994. Т. 34. № 5. С. 735–747.

*Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. XI Всероссийская конференция с международным участием. 9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 186–187.*

## **ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМ И БИОРАЗНООБРАЗИЯ**

**Г.Д. Титова**

Научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, С.-Петербург, gdtitova@yandex.ru

Большинство ценностей природы лежат вне зоны рыночной оценки, представляют в глазах человека нулевую стоимость и не учитываются при исчислении вреда, причиняемого окружающей среде антропогенной деятельностью. Подобная неполноценность оценки богатств природы в рыночной экономике, где все и вся имеет свою цену, является главной причиной деградации природных экосистем и утраты биоразнообразия. Поэтому на Конференции ООН по охране окружающей среды и развитию в Рио-де-Жанейро (1992) был продекларирован переход к новой экономической модели защиты природы. Национальным правительствам предлагалось создать системы комплексного эколого-экономического учета товаров и услуг природных экосистем для оценки их реальной стоимости. После Рио получил новое понятийное определение термин «природный капитал». Если до этого в литературе он рассматривался как совокупность природных ресурсов, которые используются для производства товаров и услуг, то в настоящее время среди экономистов-экологов природный капитал трактуется как совокупность «природных активов», представляющих человечеству наряду с ресурсами природы и экологические услуги или услуги природных экосистем. Под услугами экосистем понимается поток услуг жизнеобеспечения, в число которых наряду с используемыми природными ресурсами входят: поддержание устойчивых состояний природных сред, обеспечение циклов питания, способность экосистем к ассимиляции загрязнений, продуктивность природных объектов, биоразнообразие, генетическая библиотека, природные красоты и т. д.

Группой американских ученых под руководством Р. Констанзы была предпринята попытка к созданию методических подходов к оценке общей экономической ценности услуг планетарных экосистем, как имеющих рыночную оценку, так и не имеющих ее. В 1997 году в журнале *Nature* были опубликованы результаты предварительной оценки. Расчеты показали, что полная стоимость экологических функций планетарных экосистем составляет порядка 33 трлн. долл. США, т. е. находится на уровне мирового валового продукта. Услуги были распределены и по типам экосистем. К примеру, услуги морских экосистем (открытый океан, шельф, морские водорослевые плантации, устья рек, коралловые рифы) были оценены в 21 трлн. долл. (Costanza, R.R. et al., 1997).

Результаты оценки вызвали много вопросов, острые дискуссии и даже неприятие рядом ученых. Однако в целом были восприняты положительно, поскольку целью их было доведение до политиков и общественности информации об истинной ценности потребляемых услуг природы, которые не вписаны в круг рыночных отношений, а потому не имеют адекватной системы экономической защиты.

Работу Р. Констанзы и его коллег, ставшую толчком к развитию новой области знаний – экономики экосистем и биоразнообразия, можно отнести к первому этапу создания системы экономической защиты природы на экосистемных подходах. Предложенные методы начали апробироваться в региональных и локальных условиях ряда стран и совершенствоваться.

Второй этап поиска методов ценностной оценки услуг экосистем завершился в 2005 году публикацией доклада ООН «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» – *Millennium Ecosystem Assessment*, в подготовке которого принимали участие 1300 иссле-

дователей из 95 стран. В докладе был дан комплексный анализ всех ранее проведенных оценок экосистем и собрана базисная информация для выявления влияния экономического роста на состояние экосистем и благосостояние населения. Благодаря докладу, оценки экосистем приобрели более интегрированный вид и сосредоточились на практических аспектах, в частности на:

- а) выявлении вклада услуг экосистем в местную, региональную и национальную экономики;
- б) финансовых вопросах (оценка устойчивости предприятий и организаций с учетом состояния экосистем);
- в) эколого-социально-экономическом анализе устойчивости развития, и
- г) индикаторах устойчивости экосистем (например, индексе утрат биоразнообразия и др.).

Третий этап решения этой сложной проблемы можно отнести к 2007 году, когда на встрече на Высшем уровне по формуле G8+5<sup>1</sup> политики поддержали Потсдамскую инициативу министров по окружающей среде своих стран о проведении исследований по выявлению значения для мировой экономики глобальных потерь биоразнообразия и услуг экосистем. Результатом поддержки стала разработка международного проекта «Экономика экосистем и биологического разнообразия – “ТЕЕВ”» (завершается в 2010), который предназначен для тех, кто определяет политику по сохранению экосистем в странах и мире, для ученых, бизнесменов и населения. Наряду с данным проектом по сходным проблемам под эгидой UNEP разрабатываются нескольких других проектов. Можно сказать, что все проекты третьего этапа оценок услуг экосистем ориентированы на нужды практики.

Краткий анализ этапов становления экономики экосистем и биоразнообразия свидетельствует, во-первых, о том, что объем задач, которые следует решить, и их сложность очевидны точно так же, как и их безотлагательность. Во-вторых, эти знания находятся в начале пути, услуги экосистем пока недостаточно хорошо поняты, что требует серьезного диалога между экологами, экономистами, управленцами и специалистами других областей знаний. В-третьих, российские ученые практически не участвуют в международных проектах по рассматриваемой проблеме. В России же подобные исследования не получают достаточной финансовой поддержки.

Вместе с тем в условиях планируемой активизации морской деятельности в арктических морях, включая Белое море, экосистемы которых наиболее уязвимы к антропогенным воздействиям, разработка программы междисциплинарных исследований по созданию системы защиты морских экосистем от деградации должна рассматриваться как проблема первоочередной важности. Актуальность ее определяется не только развивающимися в мире тенденциями эколого-экономических оценок, но и исходя из задач обеспечения экологической, экономической и национальной безопасности.

---

<sup>1</sup> Страны G8 – Великобритания, Германия, Италия, Канада, Россия, США, Франция, Япония; +5 лидирующие быстро развивающиеся страны – Бразилия, Индия, Китай, Мексика, Южная Африка.

## **РАСЧЕТ ВОДО- И МАССООБМЕНА ЧЕРЕЗ ГОРЛО БЕЛОГО МОРЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ТЕРМОГИДРОДИНАМИКИ И ЭКОСИСТЕМЫ МОРЯ**

**А.В. Толстиков<sup>1</sup>, И.А. Неелов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск, e-mail: tolstikov@nwpi.krc.karelia.ru

<sup>2</sup>Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, С.-Петербург, e-mail: ineelov@yandex.ru

Впервые водообмен Белого моря оценил В.В. Тимонов в 1929 г. в объеме 200 км<sup>3</sup>/год (Тимонов, 1947). В настоящее время называются следующие значения водообмена: 192 км<sup>3</sup>/год по Н. С. Уралову (см.: Белое море, 1991); 231 км<sup>3</sup>/год по В. М. Альтшуллеру (см.: Белое море, 1991); 240 км<sup>3</sup>/год по В. В. Елисову (Елисов, 1997). Несмотря на долгую историю исследования водо- и массообмена между Баренцевым и Белым морем, этот вопрос остается не достаточно изученным из-за отсутствия длительных сезонных и многолетних наблюдений.

Для расчета водо- и массообмена в Горле Белого моря нами была применена модель термогидродинамики и экосистемы Белого моря И.А. Неелова и О.П. Савчука (Neelov, Savchuk, 2005). Для анализа мы использовали среднемесячные модельные данные за расчетный период 1948–2007 гг.

Получены следующие результаты. Минимальные значения прихода баренцевоморских вод в район Горла относятся к 1959 г., а максимальные – к 1948 и 1977 г. Также значительный объем воды за многолетний период времени поступал в Белое море через Горло в 1992 г. В последние годы наблюдается снижение интенсивности водообмена, что может быть связано с природной многолетней изменчивостью обоих морей. Минимальные значения прихода баренцевоморской воды относятся к августу, а максимальные – к зимним месяцам. Полученные значения водообмена подтверждаются многолетними колебаниями климатических характеристик в данном регионе и, соответственно, изменениями элементов водного баланса Белого моря (Белое море..., 2007).

Для выявления частот преобладающих колебаний в многолетнем ходе водообмена был проведен спектральный анализ. Результаты свидетельствуют о наличии наиболее значимых колебаний на частотах, соответствующих квазипериодам 1 год и полгода, что, вероятно, связано с режимом рек, впадающих в Белое море. Также были рассчитаны среднемесячные и среднегодовые колебания уровня моря в Горле. Минимальный уровень моря отмечается в 1952 г., а максимальный – в 1990 г., что хорошо согласуется с ходом уровня Белого моря, построенным нами ранее по натурным данным восьми гидрометеорологических станций (Белое море..., 2007). В частности, низкие значения уровня в начале 50-х гг. и пик относительно высокого уровня в начале 80-х гг. XX в. В многолетнем ходе уровня преобладают 28, около 5 и 3-летние, а также около годовой квазипериод. Пик в 28 лет, вероятно, связан с периодом водообмена Белого моря, 3-х и 5-летние естественные колебания океанологических характеристик (Белое море..., 2007). Около-годовой квазипериод связан с режимом рек, впадающих в Белое море. В течение года ход уровня Белого моря в Горле имеет один максимум в октябре, связанный с осенними паводками на реках бассейна моря и один минимум в апреле, существующий благодаря весеннему понижению уровня воды на реках.

Таким образом, результаты модельных расчетов отражают тенденции изменчивости водообмена Белого моря с Баренцевым морем, известные по литературным источникам (Тимонов, Альтшуллер, Уралов, Елисов) и уточняют значение количества при-

ходящей баренцевоморской воды через Горло в Белое море. За период 60 лет (1948–2007 гг.) среднегодовое расчетное значение водообмена в Горле равно  $187 \text{ км}^3/\text{год}$ .

Далее были рассчитаны потоки вещества через Горло. Получены данные о средних многолетних значениях азота, фосфора и кремния, поступающих с баренцевоморской водой. Азот в форме  $\text{NO}_3$  поступает в количестве  $5 \times 10^3$  т/мес, фосфор ( $\text{PO}_4$ ) –  $3 \times 10^3$  т/мес, кремний  $\text{SiO}_2$  –  $45 \times 10^3$  т/мес. В многолетнем ходе не отмечается явного тренда, однако выражена сезонная изменчивость. Максимум поступления азота и фосфора приходится на конец осени – начало зимы, минимум – на весенне-летний период, хотя для фосфора отмечаются небольшие всплески повышения концентрации в апреле и июле. Сезонный ход кремния более сложный: максимум наблюдается в основном в июле, однако его интенсивность варьирует в зависимости от года, минимумы приходятся на конец зимы. Отмеченные тенденции многолетнего хода концентраций биогенов хорошо согласуются с результатами, полученными ранее для всего Белого моря (Белое море..., 2007). Эти условия, формирующиеся в Горле, обусловлены долгопериодными колебаниями атмосферных процессов, воздействующих на динамику Белого моря в виде граничных условий на поверхности моря и на границе с Баренцевым морем. Также, возможно, определенную роль здесь играет взаимодействие с донными отложениями, являющимися своего рода «долговременной памятью экосистемы» (Белое море..., 2007).

#### Список литературы

- Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов / Филатова Н.Н., Тержевика А.Ю. (Ред.) – Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2007. 335 с.
- Белое море. Справочник «Проект “Моря СССР”». Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. 240 с.
- Елисов В. В. Оценка водного, термического и солевого балансов Белого моря // Метеорология и гидрология, 1997. № 9. С. 83–93.
- Тимонов В. В. Схема общей циркуляции вод бассейна Белого моря и происхождение его глубинных вод // Труды Гос. океанограф. ин-тута. 1947. Вып. 1. С. 118–131.
- Neelov I. A., Savchuk O. P. 3-D IO RAS AARI Coupled Hydrodynamical Model / Filatov et al. White Sea. Its marine Environment and ecosystem dynamics influenced by global change. – Chichester: Springer-Praxis Publ. 2005. pp. 410–442

*Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. XI Всероссийская конференция с международным участием. 9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 190–191.*

## ОЦЕНКА СЕЗОННОЙ И МНОГОЛЕТНЕЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЕЛАГИАЛИ БЕЛОГО МОРЯ

**В.А. Трошков**

Северный филиал ПИНРО, Архангельск, e-mail: victor@sevpinro.ru

Проблема оценки и прогнозирования продуктивности водоемов, или отдельных экосистем, принадлежит к числу наиболее важных гидробиологических проблем.

На мой взгляд, наиболее продуктивным в решении этой проблемы был подход таких исследователей как: Б.П. Мантейфель (1941), М.М. Камшилов (1957, 1959, 1961), В.Г. Богоров (1974), Г.Г. Винберг (1960, 1968). Ведущим фактором биологической продуктивности, согласно их представлениям, является взаимодействие продуцентов и деструкторов, выражающееся в сезонном изменении их биомассы. Таким образом, проблема биологической продуктивности рассматривается, прежде всего, как биоценологическая.

В приводимой работе в качестве материала использованы результаты комплексных съемок Белого моря, осуществленных лабораторией промысловой океанологии СевПИНРО в 2001–2008 гг. Съемки охватывали все море трижды в год (весна, лето, сень).

В результате проведенных исследований, нами были получены данные по сезонной изменчивости биомассы фито- и зоопланктона Белого моря (таблица 1).

Таблица 1

Сезонная изменчивость биомассы фитопланктона Белого моря в 2001–2005 гг., мг/м<sup>3</sup>

Год	Сезон			Средняя
	Весна	Лето	Осень	
2001	763	356	104	408
2002	318	369	118	268
2003	370	293	159	274
2004	437	196	95	243
2005	299	219	117	212
Средняя	437	287	118	281

Величины сезонной биомассы фитопланктона практически совпадают с теми, что были получены нами в результате исследований данных характеристик пелагиали Белого моря в 1980–1992 гг., в результате комплексных съемок Белого моря в рамках экологического мониторинга моря, осуществляемого в эти годы Севгидрометом (таблица 2).

Таблица 2

Сезонная изменчивость биомассы фитопланктона Белого моря в 1980–1992 гг., мг/м<sup>3</sup>

Период	Сезон			Средняя
	Весна	Лето	Осень	
1980–1992	443.7	283.3	153.4	293.5

Таким образом, можно говорить о том, что за последние 30 лет значительных изменений в пелагических фитоценозах Белого моря не произошло. По крайней мере, в

количественных его показателях. Незначительные изменения можно отметить лишь для осеннего периода.

Используя полученные значения биомасс зоопланктона, нами была произведена оценка запасов его в Белом море и сезонная изменчивость данного показателя в 2001–2008 гг. В качестве примера приведены показатели 2007 года (таблица 3).

Таблица 3

Запасы зоопланктона Белого моря, по отдельным районам и их сезонная изменчивость в 2007 г., млн.т

Район моря	Сезон		
	весна	лето	осень
Двинский залив	0.126	0.055	0.019
Онежский залив	0.015	0.026	0.014
Кандалакшский залив	0.320	0.142	0.107
Бассейн	0.475	0.605	0.281
Все море	0.936	0.828	0.421

Общие запасы зоопланктона в 2007 г. в Белом море составили 2.195 млн. т. С учетом зимнего зоопланктона эта величина составит около 2.5 млн. т. Примерно такие же величины запасов зоопланктона были получены и для других лет в период 2001–2008 гг.

Основываясь на величинах сезонной изменчивости биомасс фитопланктона (таблица 1) и используя значения суточных величин Р/В коэффициентов, полученных Ю.А. Бобровым (1982) для различных сезонов Белого моря, мною была произведена оценка первичной продукции моря по сезонам в период 2001–2005 гг. (таблица 4).

Таблица 4

Средние величины первичной продукции Белого моря и ее сезонная изменчивость в 2001–2005 гг., млн.т

Сезон	Весна	Лето	Осень	За год
Первичная продукция	4.5	4.1	2.9	11.5

Полученные данные по оценке первичной продукции Белого моря отличаются от результатов, приводимых Ю.А. Бобровым (1982) и В.Я Бергером (2007), превышая их примерно в 3 раза, но близки к оценке первичной продукции Белого моря данной В.В. Сапожниковым (1987, 1994).

Сопоставляя относительные показатели продукционных возможностей пелагиали Белого моря с другими северными морями, можно заключить, что они находятся на уровне таковых Баренцева моря и превышают значительно такие моря, как Карское, море Лаптевых, Восточно-Сибирское море.

#### Список литературы

- Бобров Ю.А. Первичная продукция фитопланктона Белого и прибрежной зоны Баренцева морей. // Планктон прибрежных вод Восточного Мурмана. – Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1982. С. 3–24.
- Бергер В.Я. Продукционный потенциал Белого моря. / Исследование фауны морей. Т. 60 (68).– СПб: ЗИН РАН, 2007. 292 с.
- Сапожников В.В. (ред.) Комплексные исследования экосистемы Белого моря. – М.: Наука, 1994. 123 с.



Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–1 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 192–193

## ИЕРАРХИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КАК СРЕДСТВО АКТУАЛИЗАЦИИ ЭФФЕКТОВ ГЕТОРЕГЕННОСТИ ЛИТОРАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ МАКРОБЕНТОСА БЕЛОГО МОРЯ

Н.А. Филиппова, Н.В. Максимович

С.-Петербургский государственный университет

Принципиальные явления в организации сообществ макробентоса осушной зоны Белого моря хорошо согласуются с типологической концепцией. Однако формируемые при этом типичные биосистемы демонстрируют очевидную гетерогенность. В ней априори можно усмотреть не только влияние разнообразия биотопов литорали, но и возможные смещения характеристик, возникающих вследствие ошибок репрезентативности выборок, многолетней ритмичности развития ценозов. При этом возникает вопрос об адекватности выбранной процедуры классификации для выделения сообществ. В развитие многолетнего мониторинга в этом направлении мы попытались снять неопределенность материала, обусловленную личностью сборщика.

В конце июня – начале июля 2008 г. на станциях в среднем и нижнем горизонтах литорали и в верхней сублиторали бухты Ключиха, б. Лебяжья и пролива Сухая Салма с помощью выборочных площадок размером 0.25–0.05 м<sup>2</sup> получена серия выборок. Объем выборки – 10 проб. Учитываемые показатели: список видов, плотность поселения и масса организмов. Сравнительный анализ описаний сообществ осуществлен путем проведения повторных классификаций при равномерном купировании по станциям (полный перебор вариант) числа проб. Мера сходства – расстояние Евклида, способ кластеризации – метод Варда (Статистика-7). В общей сложности проведено около 500 сравнений. Результат классификации полных описаний (по десяти пробам) рассматривали как точку отсчета (эталон).

Общее число найденных форм животных и растений – 34, причем только два вида были общими для всех участков. По итогам классификации полных описаний выделено три бентосных сообщества. В составе отдельных сообществ отмечено 12–26 видов. Наибольшее видовое разнообразие отмечено в верхней сублиторали (индекс Шеннона – 0.5–1.4 бит). У литоральных сообществ значение индекса Шеннона не превышает 0.5–1.2 бит. По биомассе среди организмов макрозообентоса преобладали двустворчатые моллюски *Mytilus edulis* и *Mya arenaria* и *Macoma balthica*, по численности массового развития также достигали представители эпифауны *Hydrobia* sp. и многочетинковые черви *Scolopos armiger*, *Nereis pelagica*. Расхождения в структуре сообществ вполне соответствуют различиям абиотических условий биотопов (гидродинамика, соленость вод, гранулометрический состав грунта). Сообщество *Mac. balthica* занимает прибойную зону песчаного пляжа с полным отсутствием макрофитов и отличается наиболее бедным видовым составом. Сообщество *Myt. edulis* + *Mya arenaria* занимает илисто-песчаный пляж в закрытой опресненной бухте, сообщество *Zostera marina* + нитчатые водоросли + *Mac. balthica* развито на илисто-глинисто-песчаном пляже в кутовой части полузамкнутой акватории.

Уже при сравнении описаний, составленных по отдельно взятым первым, вторым, третьим и т. д. пробам, мы наблюдаем довольно высокую встречаемость эталонных кластеров. При сличении станций по составу все эталонные кластеры присутствуют в 80% случаев, а по показателям численности и биомассы – в 70% случаев. Рост количества проб при составлении описаний ведет к увеличению встречаемости эталонных

кластеров. При сравнении описаний по биомассе макробентоса 100% встречаемость эталонных кластеров наблюдалась уже при объединении четырех и более проб, а при сопоставлении станций по видовому составу – если описания составлены по шести и более пробам. Однако при сравнении станций по численности макробентоса даже сопоставление описаний по девяти пробам не гарантировало 100% наличие эталонных кластеров. Как оказалось, этот эффект определен крайне неравномерной встречаемостью на станциях наиболее массовых в пробах брюхоногих моллюсков *Hydrobia* sp. Действительно, кластер, объединяющий станции с высокой численностью гидробий, устойчиво отмечается в результатах сравнения описаний, составленных по 5 и более пробам. Ошибка учета численности моллюсков на этих станциях менее 20%. Кластер со станций со средней численностью гидробий даже при сравнении описаний, составленных по 9 пробам, отмечен только в 90% случаев. Ошибка учета численности гидробий – до 55%.

Следует признать, что классификация полных описаний станций по спискам видов и показателям обилия позволила выделить сообщества, совпадающие с итогами типологического подхода. Относительно надежности проведенных классификационных построений на данном этапе исследований можно заключить следующее:

– по описаниям, полученным одномоментно, т. е. в один и тот же сезон, с большой вероятностью можно получить надежную характеристику степени гетерогенности сообществ макробентоса (по составу видов и биомассе), используя пятикратную повторность пробоотбора.

– при использовании в качестве показателя численность организмов в пробах следует ожидать, что неравномерность встречаемости в пробах массовых организмов существенно снизит надежность результата.

Весьма вероятно, что при использовании дистанционных орудий сбора (при изучении сублиторальных сообществ бентоса) требования к объему выборок окажутся еще выше.

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

*Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 194–195.*

## **ОПЫТ СУДОВОГО ЛОВА БЕЛОМОРСКОЙ СЕЛЬДИ**

**С.Б. Фролов, А.С. Шерстков**

Северный филиал ПИНРО, Архангельск, e-mail: frolov@sevpinro.ru

Траловый лов беломорской сельди впервые был проведен в 1965 году в губе Сорокской Онежского залива (Республика Карелия), где осенью работало два судна типа МРТ. Затем количество судов, занятых на промысле сельди в названном районе и прилегающих водах постепенно увеличивалось. В Кандалакшском заливе лов кошельковыми неводами впервые был опробован в 1977 г. (три судна типа РС), и продолжен в 1978 г. (вылов в 1977 – 480.9 т; в 1978 – 200.0 т).

В Республике Карелия осенний судовой промысел в 80–90-е годы имел большое значение. В отдельные годы в Сорокской губе судами добывалось до 800 т сельди. Количество судов иногда достигало 12 единиц, причем на мелководьях работали суда типа МРБ, на больших глубинах и в отдаленных районах – суда типа РС, СТБК, МРТК, СЧС, ПТС, МСТБ. Использование разных типов судов позволяло менять тактику промысла в зависимости от складывающейся промысловой ситуации. В конце 80-х гг. в Сорокскую губу на зимовку постоянно подходило значительное количество сельди и трудностей в ее добыче, как тралами, так и ставными орудиями лова не возникало. Но, начиная с 1992 г. теплосодержание моря существенно выросло, миграционное поведение сельди изменилось, и рыба стала зимовать на местах нагула. С этого времени здесь складывается неблагоприятная ситуация как для судового промысла, так и для подледного лова.

Траловый лов в Мурманской области, в отличие от Республики Карелия и Архангельской области, до настоящего времени не получил развития, несмотря на имеющиеся ресурсные возможности и успешный экспериментальный опыт. В 1989 году в этих районах работал МСТБ «Жижгин» РК «Беломорский рыбак» и, например, в 1991 году за 7 дней промысла выловил 29 т сельди. При этом значительная часть рейсового времени приходилась не на промысел, а на переходы в связи с транспортировкой улова и поиском скоплений. В аналогичных условиях при работе на открытой акватории Бассейна судно типа СРТМк вело бы промысел гораздо эффективнее, поскольку возможности работы судов типа МСТБ и аналогов ограничены их мореходными качествами. В ходе экспериментального лова в 2001 г. СРТМк здесь за 17 дней промысла было добыто более 130 т сельди. Небольшие же суда имеют несомненные преимущества при работе в губах и шхерных районах.

Лов в пределах Мурманской области ведется в осенний период только закидными неводами. Как правило, облавливаются закрытые акватории губ с удобными для притонения местами на мелководьях, куда рыба подходит редко. Зимний ловушечный промысел в Кандалакшском заливе и у Терского берега, в отличие от других районов Белого моря невозможен. Все это существенно ограничивает производительность промысла, которая крайне невысока.

Начало экспериментального промысла в Архангельской области следует отнести к 1989 году, когда траловый лов в Восточной Соловецкой Салме начал осваивать МСТБ «Спрей». На промысле был использован придонный сельдяной трал, используемый судами данного типа на Балтийском море. Данный промысел является образцом эффективной предпринимательской деятельности с использованием малотоннажного судна для лова сельди, и осуществлялся по следующей схеме: переход из порта г. Онеги к месту промысла в Восточной Соловецкой Салме – 12 часов, затем промысел и доставка

рыбопродукции в объеме 4–6 т. С 1989 года по 2001 год максимальный сезонный вылов этого МСТБ составил 30 т. В сентябре 2001 года, кроме МСТБ в сентябре-октябре в Восточной Соловецкой Салме работало также судно типа СРТМк. МСТБ было добыто 23 т, СРТМк – 279 т, улов на час траления в северной части Онежского залива зачастую превышал 2000 кг.

Перераспределение сельди по местам зимовки и доступность ее для прибрежного ловушечного промысла в кутовой части Онежского залива, и траловый лов в Восточной Соловецкой Салме обусловили более полное освоение запасов и рост добычи сельди в Архангельской области в текущем десятилетии.

Наиболее эффективным видом промысла сельди в Белом море является судовой траловый лов в осеннее время при использовании среднетоннажных траулеров (например, типа СРТМк) в Восточной Соловецкой Салме и северной части Бассейна. Возможная производительность промысла сельди здесь может достигать 10–15 т в сутки. В каждом из районов возможно использование двух судов такого типа. Для небольших судов (МРТК, СТБК) возможна суточная производительность промысла до 5–10 т, но низкая автономность, в том числе по такому параметру, как срок хранения рыбопродукции на борту, ограничивает их возможности.

По наблюдениям СевПИПРО, на фоне стабильного роста запаса сельди с 1994 по 2007 гг. наблюдалось неуклонное снижение уловов этой рыбы. Основной причиной неосвоения запасов являются недостатки в организации рыболовства, и тралового лова в частности.

В настоящее время, согласно Приказу Росрыболовства от № 2 от 17 июня 2008 г., на сельдяном промысле в Белом море могут работать среднетоннажные суда только проекта 50010 «Ягры» – то есть, лишь один траулер! Этого промыслового усилия абсолютно недостаточно, тем более принимая во внимание путинный (кратковременный) характер промысла.

Уровень современного развития производительных сил, обеспечивающих рыболовство на Белом море, и особенности распределения сельди, связанные с тенденциями потепления водных масс Белого моря, ограничивают возможности прибрежного промысла пассивными орудиями лова и с применением малотоннажных судов, и полное использование запасов беломорской сельди без развития более масштабного тралового промысла невозможно.

## **ДИНАМИЧЕСКИЕ И БИОТИЧЕСКИЕ ФРОНТЫ БЕЛОГО МОРЯ**

**В.Р. Фукс, А.В. Колдунов**

Лаборатория региональной океанологии С.-Петербургского государственного университета,  
С.-Петербург, e-mail: koldunovaleksey@gmail.com, victorvf1285@yandex.ru

Фронтальные зоны Белого моря, достаточно хорошо изучены по данным стандартных судовых океанографических съемок и разрезов, а также измерений в видимом, ИК и радиолокационном диапазонах излучения.

Несмотря на это, о механизмах возникновения этих фронтальных зон высказываются различные, иногда взаимоисключающие, точки зрения. Спутниковая океанография открыла новые возможности в описании изменчивости фронтов в широком диапазоне пространственно-временной масштабности на основе регулярных съемок поверхности моря.

Используя уравнения неразрывности и переноса субстанций, фронтальная зона представляется как зона конвергенции потоков, а линия максимальной конвергенции потоков в этой зоне принимается за фронтальный раздел или фронт. По данным спутниковой альтиметрической информации выделяются динамические фронты на поверхности океана, по спутниковым данным о концентрации хлорофилла, первичной продукции и прозрачности воды регистрируются биотические фронтальные зоны.

Для исследования основных механизмов пространственно-временной изменчивости фронтальных зон Белого моря предлагается динамико-стохастический анализ полей температуры воды и концентрации хлорофилла. Этот подход сводится, во-первых, к представлению пространственно-временной изменчивости измеряемой характеристики в виде дифференциального уравнения в частных производных, удовлетворяющего основным законам сохранения и разрешенного относительно скорости изменения этой характеристики; во-вторых, к интерпретации этого дифференциального уравнения как уравнения множественной регрессии, где скорость изменения характеристики – предиктант, а все остальные пространственные и пространственно-временные производные – предикторы; в-третьих, к оценке коэффициентов регрессии этого уравнения и их физической интерпретации.

Оцениваются коэффициенты регрессии уравнения построенного на основе уравнения переноса, диффузии и биотической трансформации хлорофилла, совпадающие с составляющими вектора скорости на параллель и меридиан, коэффициент горизонтальной турбулентной диффузии, коэффициент роста биомассы, коэффициент внутривидовой конкуренции, а также коэффициент при слагаемом, в который входят все не учтенные члены (вертикальная турбулентная диффузия, выедание и т. д.).

Соотношение этих коэффициентов позволяет судить о сравнительном вкладе биотических и абиотических факторов в формировании зон повышенных градиентов первичной продукции фронтальных зон.

По спутниковым данным в Белом море выделены следующие типы фронтальных зон:

– Прибрежные приливные фронты, в формировании которых, вероятно, основную роль играет приливное перемешивание на мелководье и остаточная плотностная циркуляция;

– Фронты открытого моря, возникающие в результате конвергенции потоков остаточной приливной циркуляции;

– Нестационарные приливные фронты, перемещающиеся в пространстве и существующие сравнительно непродолжительное время;

– Меандрирующие волнообразные фронты, разделяющие циклонические и антициклонические образования и представляющие собой узловую линию поперечных к фронту стоячих колебаний с периодом 40–70 суток.

Этот тип фронтальных зон в Белом море очевидно наиболее распространен. Фронтальные зоны приливного происхождения такого типа ранее не выделялись. Пока не совсем ясным остается вопрос, перемещаются ли меандры в пространстве, то есть, является ли волна на фронте поступательной в направлении фронта и стоячей в перпендикулярном направлении к фронту с затуханием при удалении от него, или эти колебания представляют собой просто двумерные стоячие колебания. Важнейшим вопросом в этой проблеме является механизм неприливной периодичности меандров 20–70 суток, преимущественно 60 суток. Очевидно, что это не гравитационные волны. Предполагается, что это градиентно-вихревые волны типа баротропных сдвиговых (струйных) волн или бароклиных фронтальных волн.

С помощью численных экспериментов на гидродинамической модели Белого моря были найдены вклады различных типов нелинейности в формирование тех или иных нелинейных явлений. Установлено, что в формирование остаточных приливных явлений определяющий вклад вносит конвективная нелинейность. По данным моделирования получена трехмерная (бароклиная) остаточная приливная циркуляция. Бароклиная циркуляция и выделенные зоны конвергенций в остаточной приливной циркуляции, определяют положение фронтальных зон. Бароклиная циркуляция в приповерхностных слоях совпадает с баротропной циркуляцией, но модули остаточного течения поверхностного слоя несколько больше течений баротропной циркуляции.

## ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕНЕНИЯ ИНДЕКСА НЕНАСЫЩЕННОСТИ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ФОСФОЛИПИДОВ ПРИ АДАПТАЦИЯХ МОЛЛЮСКОВ К СРЕДЕ ОБИТАНИЯ

**М.А. Чеботарева, С.А. Забелинский, Е.П. Шуколюкова**

Институт эволюционной физиологии и биохимии РАН, С.-Петербург, e-mail: Chebatarevam@mail.ru

«Сходство фосфолипидного состава у разных групп животных и даже относительной концентрации отдельных семейств фосфолипидов» убедительно продемонстрировано работами академика Е.М. Крепса и его сотрудников на примере нервной системы животных, занимающих различное положение в эволюционном ряду (Крепс, 19981). Подобные результаты были получены и для других органов. Эти исследования позволили сделать вывод о консерватизме биохимической эволюции мембранных фосфолипидов (ФЛ) и их генетической закрепленности. В отличие от вышесказанного, жирные кислоты (ЖК) являются наиболее вариабельной частью молекул ФЛ. Большое количество работ посвящено изучению влияния температуры среды обитания (Hazel et al., 1991), двигательной активности, в частности рыб (Шульман, Яковлева, 1983; Смирнов, Богдан, 2007), паразитарных инвазий (Arakelova et al., 2004) и даже веса (размера) животных (Couture, Hulbert, 1995) на состав ЖК липидов. Во всех исследованиях констатировалось изменение жирнокислотного состава ФЛ, при этом содержание некоторых ЖК уменьшалось, а других – увеличивалось. У пойкилотермных животных было установлено закономерное увеличение содержания ненасыщенных ЖК при низкой температуре среды обитания. При анализе этих данных неизбежно вставал вопрос о возможных пределах изменений жирнокислотного состава ФЛ без потери функциональной активности мембраны и о поиске «универсального» параметра этого явления (пределов таких изменений). В работе сделана попытка найти ответы на эти вопросы.

Объектом исследования были некоторые представители брюхоногих (*Gastropoda*) и двустворчатых (*Bivalvia*) морских и пресноводных моллюсков, адаптированных к разной температуре среды обитания (обитатели Белого, Баренцевого и Черного морей и пресноводных водоемов) или подверженных паразитарным инвазиям, у которых изучались ЖК фосфолипидов гепатопанкреаса и pedalной мышцы.

Таблица

Относительное содержание (в %) жирных кислот общих фосфолипидов pedalной мышцы моллюсков при разной температуре среды обитания

Жирные кислоты	<i>Mytilus edulis</i> (моря)			<i>Lymnea stagnalis</i> (озера)		
	Белое	Черное	Изменение, %	ББС	Крым	Изменение, %
Насыщенные	30	31.4	+4	15	22.0	+46
Моноеновые	26.1	25.1	–4	24.7	27.8	+12
Полиеновые	43.4	43.7	без изменений	57.9	50.0	–14
Индекс ненасыщенности	208	166.7	–21	242.3	207	–15

Из таблицы видно, что в общих ФЛ мидии (*M. edulis*) не наблюдалось изменений в содержании разных групп кислот при разных температурах среды обитания, в то время как у пресноводной лимнеи (*L. stagnalis*) содержание одних групп ЖК уменьшалось (на 14%), а других – увеличивалось (на 46%). В обоих случаях индекс ненасыщенности (ИН) жирных кислот ФЛ изменялся не более чем на 15–20%.

Нами также исследовалось влияние температуры среды обитания и инвазии моллюсков трематодами р. *Microphallus* на состав ЖК основных мембранных ФЛ гепато-

панкреаса – фосфатидилхолина (ФХ) и фосфатидилэтаноламина (ФЭА) у литорин (*Littorina saxatilis*), обитающих на литорали Баренцева и Белого морей (соответственно в условиях более низких и более высоких летних температурах). В период сбора материала различие в температуре воды составляло 10°C. Степень зараженности литорин трематодами у беломорских особей составляла 98%, а у баренцевоморских – 70%. Литорины Баренцева моря отличались от моллюсков Белого моря повышенным содержанием в ФХ насыщенных ЖК (на 16%) и большей величиной ИН (на 7%); содержание ненасыщенных ЖК было выше на 4%. Инвазия в меньшей степени, чем температура среды обитания, изменяла содержание отдельных групп ЖК в ФХ (на 3–8%), хотя величина ИН изменялась более существенно – на 16% и 13%, соответственно, у беломорского и баренцевоморского моллюсков.

Жирнокислотные характеристики двух молекулярных разновидностей ФЭА – диацильной и плазмалогенной – беломорских и баренцевоморских особей оказались идентичны. В этом проявляется специфические свойства ФЭА, на состав ЖК которого температурная адаптация в изучаемых пределах (10°C) не сказывается. Инвазия же приводит к уменьшению величины ИН диацильной формы ФЭА на 13%. Еще более значительно изменялась величина ИН в плазмалогенной форме ФЭА (почти на 20%). Таким образом, величина ИН у отдельных ФЛ изменялась в тех же пределах, который ранее уже был отмечен для суммарных фосфолипидов.

Представленные данные показывают, что независимо от вида моллюска, исследуемой ткани, суммарных или индивидуальных ФЛ, изменения величины ИН жирных кислот – наиболее интегрального показателя, характеризующего жидкость мембранных ФЛ, – могут происходить при различных адаптациях (температура, паразитарные инвазии) лишь в определенных пределах, не превышающих 15–20%. Полученные данные хорошо согласуются с литературными данными по изменению жирнокислотного состава ФЛ печени лягушки при акклимации ее к температурам 7 и 25°C, где было установлено изменение ИН в пределах 15–29%. Величину ИН, видимо, можно рассматривать как универсальный параметр, указывающий на существование механизмов гомеостаза, допускающих изменения жирнокислотного состава при адаптациях лишь в узких пределах, что позволяет поддерживать жидкость мембран в состоянии, необходимом для нормального функционирования клетки.

#### Список литературы

- Крепс Е.М. Липиды клеточных мембран. – Л.: Наука. 1981. 340с.
- Смирнов Л.П., Богдан В.В. Липиды в физиолого-биохимических адаптациях экотермных организмов к абиотическим и биотическим факторам среды. – М.: Наука. 2007. 182с.
- Шульман Г.Е., Яковлева К.К. Гексаеновая кислота и естественная подвижность рыб. // Ж. общей биол. 1983. Т. 44. № 4. с. 529–540.
- Arakelova K.S., Chebotareva M.A., Zabelinskii S.A.. Physiology and lipid metabolism of *Littorina saxatilis* infected by Trematoda // Diseases of Aquatic Organisms. 2004. V. 60. p. 223–231.
- Couture P., Hulbert A.J. Membrane fatty acid composition of tissues is related to body mass of mammals // J. membrane biology. 1995. V. 148. p. 27–39.
- Hazel J.R.W, Williams E.E., Livermore R., Mazingo N. Thermal adaptation in biological membranes: Functional significance of changes in phospholipid molecular species composition // Lipids. 1991. V. 26. N4. p. 277–282.



*Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 200–202.*

## **МНОГОВИДОВОЙ АВИАУЧЕТ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В БЕЛОМ МОРЕ В МАРТЕ 2010 Г.**

**В.И. Черноок<sup>1</sup>, Д.М. Глазов<sup>2</sup>, А.Н. Васильев<sup>1</sup>, Е.А. Назаренко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>НИИ Гипрорыбфлот, С.-Петербург, e-mail: chernook@mail.ru

<sup>2</sup>Институт проблем экологии и эволюции, Москва

Необходимость объективного мониторинга численности морских млекопитающих требует применения стандартных методик учетов. Инструментальные технологии авиаучетов в Белом море разработаны для гренландского тюленя и белух и основываются на методе случайных линейных трансект. Получены ряды стандартизированных регулярных авиаучетов: зимних учетов гренландского тюленя начиная с 1998 г. (Черноок, 2009) и летних учетов белух с 2005 г. (Глазов и др., 2008). Это позволяет корректно сравнивать данные разных лет и исследовать изменения динамики численности гренландских тюленей и белух, оценивать влияние на них климатических и антропогенных факторов, потребления этими животными других видов гидробионтов. Инструментальный элемент методики обеспечивает объективное документирование результатов учета и стандартизацию формы хранения данных.

Авиаучет тюленей и белух – основных потребителей промысловых видов рыб – дает возможность определить распределения и численность морских млекопитающих в зимний период, а также показывают зимнее распределение в Белом море соответствующих кормовых объектов. В зимний период море покрыто льдом и нет возможности провести судовые исследования для оценки запасов и распределения гидробионтов.

Авиасъемка Белого моря, выполненная в марте 2010 года, была особенной – она впервые выполнялась как многовидовая. Время съемки, маршруты полетов и весь дизайн съемки был сделан так, чтобы мы могли регистрировать в полетах основные виды морских млекопитающих, обитающих зимой в Белом море: белух, гренландских тюленей, лахтака и атлантического моржа. Маршруты полетов линейными трансектами покрывали равномерно всю акваторию Белого моря (над водой и льдами). Многовидовая съемка была выполнена в период с 19 по 23 марта 2010 г. Полеты выполнялись на самолете-лаборатории Л-410 «Норд», специально созданного для проведения инструментальных авиаучетов морских млекопитающих (Черноок и др., 2008). На борту летающей лаборатории работало 6 исследователей. Удобные блистеры для визуальных наблюдений (по 3 с каждого борта), комплексы аппаратуры для фото, видео и тепловой съемки, точная навигационная привязка визуальных и инструментальных данных позволяли документировать результаты наблюдений за встреченными морскими млекопитающими. Малый уровень шума моторов самолета не оказывал распугивающего воздействия на животных. Полеты проводились в основном на высоте 300 метров, но в зависимости от погодных условий высота менялась в диапазоне 200–400 м. Полеты выполнялись при хорошей погоде (отсутствие тумана, осадков).

### **Основные результаты многовидовой авиасъемки морских млекопитающих**

*Беломорская популяция гренландского тюленя.* Съемка основных скоплений ценных залежек была выполнена 19 марта 2010 г. по технологии описанной в работе (Черноок, Кузнецов, Яковенко, 1999). Ветрами северного направления залежки тюленей были отжаты от Терского берега на расстояние больше 30 км. Наиболее плотная их часть находилась в центральной части Бассейна. Протяженность ценных залежек с востока на запад составила почти 80 км, а распределение по направлению север-юг изменялось в диапазоне от 15 до 60 км. Средняя плотность тюленей на залежках была в

4–5 раз меньше, чем в 2008 г. Следов от родовых пятен на льдах не наблюдали. Процесс щенки был полностью закончен. Детеныши еще не начали линять и в воду не сходили. Наблюдали процесс спаривания тюленей. В районе залежек изредка встречались на льду кровавые пятна от самцовых боев. В южной части распределения щенных залежек наблюдалось много торосов. Погода в этот день была хорошая: солнечная, маловетренная (скорость ветра 3–5 м/сек), температура воздуха составляла  $-7 \div -10^{\circ}\text{C}$ .

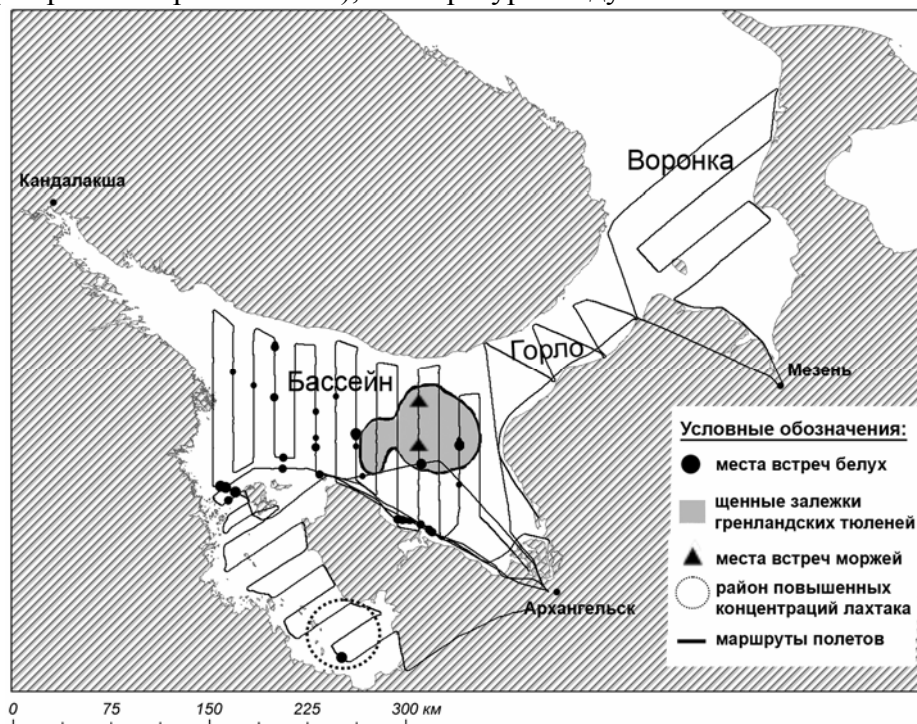


Рис. Распределение белух, тюленей, моржей по данным авиасъемки и маршруты полетов 19, 20, 22 и 23 марта 2010 г.

Качество полученных материалов авиасъемки было хорошее. Совместная обработка изображений тепловой и фотосъемок залежек тюленей позволила получить данные о численности щенков гренландского тюленя, количестве взрослых тюленей на льду, об их распределении. Численность тюленей на льдах плотных залежек в Бассейне составила: детенышей – 104344, взрослых – 204094. Численность гренландских тюленей в Горле Белого моря (на малых плотностях распределения) составила: детенышей 4843, взрослых 9687. В Воронке Белого моря было зарегистрировано всего 34 гренландских тюленя. Таким образом, общее количество *взрослых тюленей* на льду составило 213815, а численность *детенышей* беломорской популяции гренландского тюленя составила  $109187 \pm 28260$ . Это минимальный приплод беломорской популяции гренландского тюленя за период регулярных инструментальных съемок с 1998 по 2010 годы. Численность всей беломорской популяции гренландского тюленя не превышает 700 тысяч особей при нормальной половозрастной структуре.

*Атлантический морж.* На наиболее плотной части щенных залежек гренландских тюленей были зафиксированы фото и тепловой съемками 3 моржа. На северной границе залежек два моржа лежали вместе и рядом наблюдаются следы от поедания ими щенка гренландского тюленя. На южной границе плотной части зарегистрирован один морж, очевидно, ищущий щенков. Учитывая, что учетная полоса авиасъемок охватывала 3–4% от всей площади залежек, можно предположить, что *щенками тюленей в 2010 г. кормилось несколько десятков моржей*. Во время наших мартовских авиасъемок в 2007 и 2008 годах мы также наблюдали на щенных залежках моржей.

*Белухи.* Непосредственно в учетной полосе авиасъемок было зафиксировано в 3-х полетах 237 белух. Практически все они сфотографированы. В полете выполненном 20 марта в Горло и Воронку Белого моря белух не наблюдали. Основные скопления белух были зафиксированы в Бассейне. Белухи встречались в трещинах и развоях, одиноч-

ные и группами до 15 особей, иногда с детенышами. Расчетная численность белух на поверхности акватории Бассейна Белого моря составила  $2109 \pm 964$ . Теплой «малоледной» зимой 2008 г. на этой же площади, по такой же технологии авиаучета мы получили численность белух на поверхности моря в 1600 особей. Неожиданностью для нас было обнаружение 22–23 марта 2010 г. большого количества белух на северо-западе от о. Соловецкий и в самой южной части Онежского залива группы из 13 белух.

Лахтак (морской заяц). Одиночных лахтаков мы фиксировали в Бассейне на ценных залежках гренландских тюленей, а также на льдах Воронки. Наибольшая концентрация лахтака обнаружена на льдах в южной части Онежского залива.

В этих полетах получен большой объем комплексной информации: фото, видео и тепловые снимки тюленей на льду, белух в воде, а также параметры среды обитания. По этим снимкам можно исследовать особенности и закономерности расположения животных на льду, получать ценную биологическую информацию по размерам и окраске отдельных особей (половозрастную), определять дистанции между отдельными животными и их поведенческие взаимодействия, взаимосвязь с характеристиками льда.

С учетом накопленного опыта, считаем целесообразным продолжить регулярные летние и зимние авиаучеты морских млекопитающих в Белом море.

Авторы выражают глубокую благодарность Н.Г. Челинцеву, Н.А. Черноок, Б.А. Соловьеву, О.В. Шпак, Ю.В. Морозовой, Д.И. Иванову за участие в полевых работах и обработке авиасъемочных материалов.

Работа выполнена по программе «Белый кит-белуха».

#### Список литературы

- Черноок В.И., Кузнецов Н.В., Яковенко М.Я. Мультиспектральная авиасъемка залежек тюленей. – Мурманск, ПИНРО, 1999. 73 с.
- Черноок В.И. Васильев А.Н., Мелентьев В.В., Глазов Д.М.. Опыт использования самолета-лаборатории Л-410 для инструментальных авиаучетов морских млекопитающих / Морские млекопитающие Голарктики. Сборник научных трудов V Международной конференции. Украина. – Одесса, Астропринт, 2008. С. 132–137.
- Черноок В.И. Результаты инструментального авиамониторинга беломорской популяции гренландского тюленя в 1998–2008 гг. / Материалы XXVIII Международной конференции биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера. – Петрозаводск, 2009. С. 72–77.
- Глазов Д.М., Черноок В.И., Жариков К.А., Назаренко Е.А., Мухаметов Л.М., Болтунов А.Н. Авиачет белух (*Delphinapterus leucas*) в июле 2005–2007 гг. в Белом море, распределение и численность. / Морские млекопитающие Голарктики. Сборник научных трудов V Международной конференции. Украина. – Одесса: Астропринт, 2008. С. 194–198.

## **Haracticoida (Copepoda) Белого моря: структура и родственные связи фауны**

**Е.С. Чертопруд**

Московский государственный университет, Москва, e-mail: horsax@yandex.ru

Фауна Haracticoida морей российского сектора Арктики изучена еще далеко не полно и насчитывает лишь около 300 видов. Однако есть основания полагать, что при более детальных исследованиях она возрастет в несколько раз. В частности, до недавнего времени фауна Белого моря, представления о которой базировались лишь на данных В.А. Броцкой (1962) и Л.Л. Численко (1967), насчитывала только 85 видов. В результате исследований П.В. Рыбникова число известных видов возросло до 112 (Ribnikov, 2001). В дальнейшем, в определителе Haracticoida для Белого моря (Корнев, Чертопруд, 2008) приводится ключ для 150 видов. Цель настоящей работы: на основании собственных и литературных данных провести анализ структуры фауны Haracticoida Белого моря, а также выявить степень ее сходства с сопредельными регионами.

В ходе анализа комплексной базы данных оказалось, что, в общей сложности, для Белого моря сейчас известно 185 видов Haracticoida, принадлежащих 30 семействам. Aegisthidae включает 1 вид; Ameiridae – 13 видов; Ancorabolidae – 5; Argestidae – 2; Canthocamptidae – 9; Cletodidae – 5; Cyliropsyllidae – 7; Dactylopusiidae – 7; Ectinosomatidae – 26; Haracticidae – 10; Huntmanniidae – 3; Idyanthidae – 3; Laophontidae – 21; Leptastacidae – 6; Leptopontiidae – 1; Longipediidae – 1; Miraciidae – 20; Novocriniidae – 1; Orthopsyllidae – 1; Paramesochridae – 9; Parastenheliidae – 1; Pseudotachidiidae – 6; Rhizothricidae – 2; Rhynchothalestridae – 1; Tachidiidae – 3; Tegastidae – 2; Tetragonicipitidae – 1; Thalestridae – 9; Tisbidae – 8; Zosimidae – 1. Из крупных таксономических групп Haracticoida, отсутствующих в Белом море, следует отметить довольно многочисленное семейство Peltidiidae (2 вида которого отмечены в Баренцевом море), семейство Porcellidiidae, подсемейства Arenopontiinae и Psammopsyllinae, небольшие семейства Cristacoxidae, Adenopleurellidae, Normanellidae, Latiremididae, Darcythompsonidae, Metidae.

Из обнаруженных в региона видов 25 описаны из Белого моря и нигде более не найдены, то есть потенциально могут являться эндемиками. Задаваясь вопросом о степени уникальности беломорской фауны гарпактикоид необходимо оценить вероятность того: являются виды гарпактикоид, указанные только для Белого моря, действительно его эндемиками, или они не найдены в окружающих морях, в силу их малой изученности. В связи с этим необходимо осветить вопрос, как проходило формирование Белого моря. Примерно, 5–6 тысяч лет назад берега Балтийская и Беломорская котловины четко обособились. На месте Беломорского бассейна сформировалось, относительно тепловодное Литториновое море, которого достигала одна из ветвей Гольфстрима. Литториновое море оказалось недолговечным, и его воды быстро отступали, образовав известное нам Белое море. Однако, сложно предполагать, что менее чем за 6 тысяч лет, прошедших с момента формирования Белого моря в современных границах, достаточно для образования эндемичных автохтонных видов гарпактикоид. Для дивергенции видов гарпактикоид необходима длительная изоляция. Например, множество шельфовых видов Haracticoida имеют трансатлантическое распространение – хотя время изоляции их популяций более 50 миллионов лет. Таким образом, можно предполагать, что большинство известных только из Белого моря видов Haracticoida распространены более

широко, но не найдены в сопредельных акваториях в силу их низкой изученности. В частности, в 2008 г. из Белого моря описан род *Vibriopsyllus* с единственным видом (*Vibriopsyllus curviseta* Kornev, Chertoprud, 2008), в 2010 г. другой представитель того же рода найден в Адриатическом море.

145 видов гарпактикоид, то есть 78% от общего числа обнаруженных в Белом море, известны из Северного моря. 120 беломорских видов (65%) общие с севером европейской Атлантики. 100 видов (54%) из Белого моря общие с Баренцевым морем. 86 видов (46%) – общие с Балтийским морем. 72 вида (39%) отмечены в Средиземном и Черном морях. 68 видов (37%) являются общими с Атлантическим побережьем Америки. Только 55 беломорских видов общие с Центральной Арктикой – 30%. Еще меньше общих видов с фауной южной Аляски – 31 (17%).

Принимая во внимание то, что большинство беломорских гарпактикоид являются общими с севером европейской Атлантики и Северным морем, а Арктический компонент фауны относительно не велик, фауну Белого моря следует отнести вместе с фауной Балтийского моря в отдельную зону – бореально-арктическую. Поступление тепловатых водных масс Гольфстрима в Баренцево море, а из него в Белое и западные районы Карского моря, позволили многим бореальным и средиземноморско-бореальным видам расширить свои ареалы в Арктику.

#### Список литературы

- Броцкая В.А. Микробентос литорали Белого моря // Труды Всесоюзного гидробиологического общества. 1951. Т. 3. С. 179–193.
- Корнев П.Н., Чертопруд Е.С. Веслоногие ракообразные отряда Harpacticoida фауны Белого моря: Морфология, Систематика, Экология. – Москва: КМК. 2008. 379 с.
- Численко Л.Л., 1967. Гарпактициды (Copepoda Harpacticoida) Карельского побережья Белого моря // Исследования фауны морей Т. 7. Вып. 15. Гидробиологические исследования на Карельском побережье Белого моря. С. 148–196.
- Ribnicov P.V. Harpacticoida. / B.I. Sirenco (Ed.) List of free living species of invertebrates of Eurasian Arctic Seas – St. Petersburg. 2001.

## **КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ В 2001–2008 ГГ.**

**В.А. Чугайнова**

Северный филиал ПИНРО, Архангельск, e-mail: val@sevpinro.ru

Основной задачей океанологии является комплексное изучение физических, химических и биологических аспектов природы Мирового океана для наиболее эффективного использования его ресурсов человеком. Комплексные исследования дают возможность определить характер функционирования морских биогеоценозов, включая их промысловые ресурсы (водоросли, донные беспозвоночные, рыбы и морские млекопитающие), формирование запасов которых во многом зависит от пространственно-временной изменчивости факторов окружающей среды.

В докладе представлены результаты комплексных сезонных наблюдений над изменениями океанологических условий Онежского залива, проведенные сотрудниками лаборатории промысловой океанологии СевПИНРО с 2001 по 2008 годы с помощью НИС «Поиск» и «Протей». Наблюдения проводились на стандартной сетке мониторинговых станций (6 станций на акватории залива). В комплекс экспедиционных работ входили гидрологические (температура, соленость, мутность и прозрачность воды), гидрохимические [содержание кислорода, БПК<sub>5</sub>, биогенные элементы и загрязняющие вещества (ЗВ)] и гидробиологические (видовой состав фитопланктона и пигменты, зоопланктон) исследования.

При гидрологических работах использовался зонд-профилограф SBE-19plus, прозрачность воды определяется визуально с помощью стандартного белого диска Секки. Отбор проб воды для определения гидрохимических характеристик производится пластмассовым 5-ти литровым батометром типа «Gydrobios» с поверхностного и придонного горизонтов.

Для определения растворенного кислорода, БПК<sub>5</sub>, нитритов, нитратов, аммонийного азота, фосфатов, силикатов, а также общего азота и фосфора, нефтеуглеводородов, тяжелых металлов применялись методики, допущенные для целей государственного экологического контроля.

Анализируя полученные данные, выяснилось, что на фоне общего глобального потепления, в Онежском заливе Белого моря наблюдалось понижение температуры воды в весенний и летний периоды. И лишь в осенний период выражен положительный тренд температуры. В последние годы в Белом море наблюдается увеличение амплитуд межгодовой и сезонной изменчивости метеорологических параметров, что способствует возникновению крупных природных аномалий, которые могут внести ряд изменений в экосистему моря. К таковым можно отнести увеличение продолжительности вегетационного периода в результате повышения температур воды в осенний период, а также изменения акваторий распространения, численности и биомассы фито- и зоопланктона, бентоса, которые повлекут за собой и изменения запасов, ареалов и нагульных миграций донных и пелагических видов рыб.

Пространственное распределение биогенных элементов в море зависит, главным образом, как от динамики вод, так и от интенсивности продукционно-деструкционных процессов, которые обуславливают в весенне-летний период пресыщение вод кислородом, минимальные концентрации неорганических форм азота и фосфора, а также их накопление в осенний период. Межгодовые тренды ряда наблюдений неорганического растворенного фосфора свидетельствуют об его увеличении в весенний период в при-

донных водах залива, а в осенний период во всей толще вод. Количество нитратного азота показывает отрицательные тренды за весь период исследований. В целом по заливу, как и по Белому морю, количество питательных веществ понижается.

Внутригодовую изменчивость океанологических характеристик Онежского залива, включая зимний период, можно проследить по данным наблюдений на полусуточных станциях в прибрежной зоне моря. Сезонные наблюдения проводились зимой, весной, летом и осенью в проливе Печачовская Салма в Онежском заливе (у Большого Соловецкого острова).

В последние годы все больше внимания уделяется исследованиям загрязняющих веществ: нефтеуглеводородов, фенолов и алюминия, начали проводиться работы по определению тяжелых металлов, бенз(а)пирена не только в воде, но и в грунтах и гидробионтах. Если загрязнение вод фенольными соединениями и алюминием носит сезонный характер, то есть максимальные концентрации обнаруживались в весенний период в основном в зоне влияния впадающих в Онежский залив рек (Онега, Кемь), то загрязнение нефтеуглеводородами происходит в течение всего года. Особенно большой вклад в увеличение НУ в водах Онежского залива внесла авария танкера в 2003 г., когда в воду вылилось около 45 т мазута.

Анализ динамики и распределения фито- и зоопланктона в различных районах моря осложняется возможностью их переноса в пространстве на большие расстояния и значительными флуктуациями численности во времени. Имеющиеся многолетние данные свидетельствуют, что обилие представителей этих групп в одни и те же календарные сроки может значительно различаться. Выявить значимые тренды на фоне характерной для планктона высокой природной изменчивости затруднительно.

При наличии репрезентативного восьмилетнего ряда наблюдений над гидрохимическими характеристиками вод Онежского залива Белого моря их привязку к гидрологическим и климатическим факторам без сведений о межгодовой динамике последних и их причинно-следственную обусловленность установить трудно. Тем не менее, при анализе трендов за 2001–2008 гг. выявляются общие закономерности для залива в целом (при определенной вариабельности по различным показателям):

- в Онежском заливе наблюдается понижение температуры вод в весенний и летний периоды и повышение в осенний;
- выявлена тенденция возрастания насыщенности вод кислородом;
- межгодовая динамика неорганических растворенных соединений азота и фосфора в целом имеет тенденцию к понижению;
- увеличивается загрязнение вод залива нефтеуглеводородами.

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МАРГИНАЛЬНОМ ФИЛЬТРЕ «Р. ЗОЛОТИЦА – БЕЛОЕ МОРЕ» В ИЮЛЕ 2009 Г.**

**А.Л. Чульцова**

Северо-Западное отделение Института океанологии РАН, Архангельск,  
e-mail: an-2345@yandex.ru

В рамках проекта «Система Белого моря» (руководитель – академик А.П. Лисицын) в период с 5 по 17 июля 2009 г. на борту НИС «Эколог» были проведены многодисциплинарные исследования в Белом море (Шевченко и др., 2009). В этой экспедиции 9 июля 2009 г. были отобраны в фазу полной (ПВ) (в пределах 11 часов) и малой воды (МВ) (в пределах 17 часов) пробы на шести станциях в маргинальном фильтре р. Золотицы, впадающей в Онежский залив.

Река Золотица – одна из крупнейших рек Онежского полуострова – берет начало в Верхнезолотицком озере и впадает в губу Летнюю Золотицу. Длина реки (вместе с р. Быковкой, впадающей в Верхнезолотицкое озеро) около 60 км. Площадь водосбора 830 км<sup>2</sup> (Ресурсы...1065). Станция 15 находилась на морской границе устьевой области р. Золотицы, станция 21 – в 1 км вверх по реке (в д. Летней Золотице). Определение концентрации растворенных минеральных форм фосфора (P-PO<sub>4</sub><sup>'</sup>), нитритного азота (N-NO<sub>2</sub><sup>'</sup>), кремния проводилось общепринятыми методами (Руководство...2003). Пробы воды предварительно фильтровались через ядерные фильтры диаметром 47 мм с диаметром пор 0.45 мкм (ОИЯИ, г. Дубна).

Получены концентрации биогенных элементов (БЭ), как необходимых компонентов для первичного продуцирования (образования нового органического вещества) в результате жизнедеятельности (процесса фотосинтеза) хлорофилсодержащих организмов (фитопланктона и макрофитов). Воды р. Золотицы содержат более высокие концентрации БЭ, чем морские воды данной территории Белого моря. Характер распределения БЭ в водотоке р. Золотицы схож меж собою. Концентрации БЭ понижаются к морской границе устьевой области (ст. 15), как в фазу ПВ, так и в фазу МВ. На исследуемом участке реки в фазу ПВ концентрации выше, чем в фазу МВ. Концентрации фосфатов выше в 2 раза и более в ПВ, чем в МВ. Исключением являлись концентрации нитритного азота на морской границе (ст. 15), где нитриты незначительно выше в фазу МВ. Снижение концентрации БЭ в фазу МВ обусловлено суточным ходом (дневное потребление фитопланктоном). При удалении от устья (вверх по реке) диапазон изменения концентрации в фазы увеличивается по мере удаления от моря, т.к. уменьшается степень влияния морской воды, что связано с уменьшением глубины. На станциях 15 и 17 глубина уменьшается от 13 м до 1 м. На ст. 19 в фазу МВ отмечались максимумы концентрации определяемых элементов, что объясняется минимальной глубиной на этом участке (0.5 м).

В фазу ПВ изменение концентрации P-PO<sub>4</sub><sup>'</sup> в поверхностном слое воды (от ст. 15 вверх по течению до ст. 21) от 4.0 до 17.2 мкг/л, а в фазу МВ – от 2.2 до 8.3 мкг/л. На ст. 20 изменение концентрации P-PO<sub>4</sub><sup>'</sup> в фазу ПВ и МВ достигало 3.7 мкг/л. Характер распределения и концентрации P-PO<sub>4</sub><sup>'</sup> на исследуемом участке представлен на рисунке.

В фазу ПВ изменение концентрации N-NO<sub>2</sub><sup>'</sup> в поверхностном слое воды (от ст. 15 вверх по течению до ст. 21) от 1.1 до 6.8 мкг/л, а фазу МВ – от 1.3 до 3.1 мкг/л. На ст. 20 изменение концентрации N-NO<sub>2</sub><sup>'</sup> в фазу ПВ и МВ достигало 2.9 мкг/л.



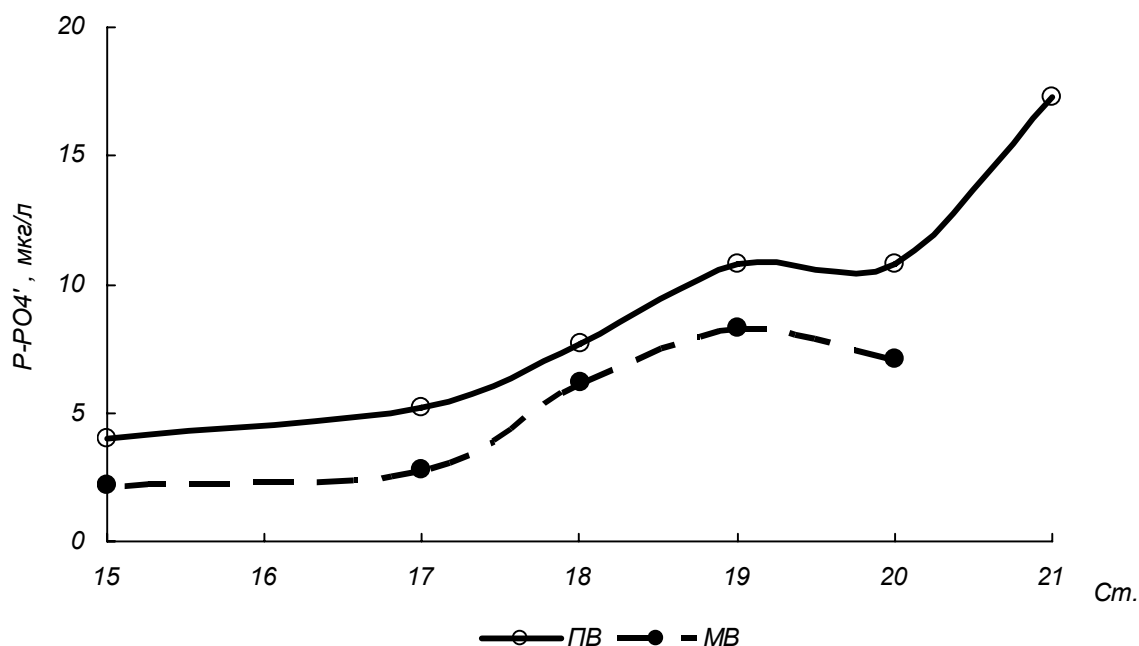


Рис. Распределение концентрации P-PO<sub>4</sub>' в пробах поверхностного слоя воды р. Золотица, 09.07.2009 г.

В фазу ПВ изменение концентрации растворенного кремния в поверхностном слое воды (от ст. 15 вверх по течению до ст. 21) от 338.1 до 1529.8 мкг/л, а в фазу МВ – от 317.7 до 892.8 мкг/л. На ст. 20 изменение концентрации растворенного кремния в фазу ПВ и МВ достигало 766.1 мкг/л.

Удаление БЭ на морской границе происходит в результате потребления фитопланктонным сообществом и биоседиментации. Полученные характеристики БЭ в воде устьевой области р. Золотицы сопоставимы с результатами наших исследований в устьевой области р. Северной Двины в летнюю межень (Чульцова, Скибинский, 2007).

#### Список литературы

- Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 3. Северный край. Под ред. И.М. Жила. – Л.: Гидрометиздат. 1965. 611 с.
- Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. Под ред. Сапожникова. – М.: Изд-во: ВНИРО. 2003. 203 с.
- Шевченко В.П., Политова Н.В., Алиев Р.А., Здоровеннов Р.Э., Кравчишина М.Д., Новигатский А.Н., Приходько Д.И., Толстиков А.В., Филиппов А.С., Чульцова А.Л., Щербаков К.А. Многодисциплинарные исследования Белого моря в июле 2009 г. / Матер. XVIII Международной конференции (школы) по морской геологии «Геология морей и океанов». Т. 3. – М.: Изд-во: ГЕОС. 2009. С. 268–271.
- Чульцова А.Л., Скибинский Л.Э. Распределение биогенных элементов в период летней межени в геобарьерной зоне «река Северная Двина – Двинской залив Белого моря». / Матер. XVII Международная конференция (школа) по морской геологии «Геология морей и океанов». Т. 3. – М.: Изд-во: ГЕОС. 2007. С. 291–294.

## К ВОПРОСУ О РОДСТВЕ ОКРУЖАЮЩИХ ООЦИТ ТЕСТАЛЬНЫХ КЛЕТОК И МОДУЛЯРНЫХ КЛЕТОК КРОВИ У АСЦИДИЙ

**Т.Г. Шапошникова, А.Ю. Столбовая, Н.В. Пономарцев**

С.-Петербургский государственный университет,  
e-mail: tsh.spb@gmail.com; nastasia1235@mail.ru; e-mail: mergus@rambler.ru

Туника асцидий – одна из разновидностей внеклеточного матрикса (ВКМ). В образовании туники взрослых асцидий принимают участие клетки покровного эпителия и один из типов клеток крови – модулярные клетки. Последние мигрируют в тунику и обеспечивают задубливание белков при ее формировании. Существует гипотеза, что у личинок асцидий аналогичную роль в формировании туники могут играть тестальные клетки (Cloney, Cavey, 1982). Происходят ли тестальные клетки из первичных фолликулярных клеток или ведут свое начало от предшественников клеток крови, мигрирующих в яичники на ранней стадии оогенеза (Иванова-Казас, 1978; Mancuso, 1965) – до сих пор не выяснено.

Ранее были получены антитела к мажорным белкам модулярных клеток асцидии *Styela rustica* с молекулярными массами 26 и 48 кДа (RSr26 и RSr48; Podgornaya, Shaposhnikova, 1998). Сравнение белковых профилей модулярных и тестальных клеток *Styela rustica* показало отсутствие в тестальных клетках мажорных компонентов со сходными молекулярными массами (26 и 48 кДа). Клетки же крови *Molgula citrina* и *Boltenia echinata* содержат мажорные белки, близкие по молекулярным массам к белкам 26 и 48 кДа. На парафиновых срезах антитела взаимодействовали с материалом гранул модулярных клеток, а также было показано наличие в тестальных клетках этих асцидий компонентов, связывающих антитела RSr48.

Гранулы зрелой модулярной клетки состоят из электронноплотного центра и более рыхлой периферии, обнаруживаются также электроннопрозрачные гранулы, плотно прилежащие к сложным гранулам. Связывающий антитела материал расположен в плотном веществе сложных гранул. Ультраструктурное исследование модулярных и тестальных клеток *Styela rustica* показало отсутствие морфологического сходства в строении гранул этих клеток. Однако, упаковка материала в гранулах тестальных клеток асцидии *Molgula citrina* напоминает гомогенное электронноплотное ядро сложных гранул модулярных клеток и так же специфически связывает антитела RSr48 (Некрасова и др., 2002).

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 07-04-10086-к, 09-04-01145-а). Авторы признательны коллективу Беломорской биологической станции мыс Картеш Зоологического Института РАН за теплый прием и постоянную поддержку.

### Список литературы

- Иванова-Казас О.М. Сравнительная эмбриология беспозвоночных животных. Низшие хордовые. – М., Наука, 1978. 166 с.
- Некрасова Н.Н., Шапошникова Т.Г., Подгорная О.И., Напара Т.О. К вопросу о роли тестальных клеток в оогенезе и эмбриональном развитии асцидии *Molgula citrina*. // Вестник СПбГУ, 2002. Сер. 3–4, №27, С. 51–56.
- Cloney R.A., Cavey M.J. Ascidian larval tunic: Extraembryonic structures influence morphogenesis. // Cell Tissue Res., 1982. V. 222, P. 547–562.
- Mancuso V. An electron microscope study on the oocyte, test cells and follicle cells of *Ciona intestinalis* during oogenesis. // Acta Embryol. Morphol. Exp., 1965. Vol. 8, P. 239–266.
- Podgornaya O.P., Shaposhnikova T.G. Antibodies with cell type specificity to morula cells of ascidians *Styela rustica* and *Boltenia echinata*. // Cell Struct. Funct., 1998. V. 23, P. 349–355

## **ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ В БЕЛОМ МОРЕ: ИСТОРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ**

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

С.-Петербургский государственный университет, e-mail: onebat@yandex.ru

В настоящее время трехиглая колюшка является наиболее массовой рыбой Белого моря. Колюшка проводит большую часть жизни в пелагиали, питаясь планктоном, но в теплый период года подходит к берегам для размножения. В это время она становится легко доступной для наблюдений и лова различными орудиями. В связи с этим, существует возможность сбора исторической информации об этом виде, которая позволяет судить о долговременных изменениях его численности. Поскольку колюшка не является важным и постоянным объектом промысла, эта информация не носит систематического характера, с другой стороны, т.к. численность колюшки не зависит от интенсивности промысла, ее изменения являются отражением исключительно природных процессов. Потому исторические данные о численности колюшки могут быть ключом к пониманию причин долговременных изменений в экосистеме Белого моря.

В данной работе мы приводим данные о численности трехиглой колюшки в Белом море на протяжении более ста лет. Источниками данных, наряду с научной литературой, были также архивы Гридинской биологической станции Петрозаводского государственного университета, летописи природы Кандалакшского государственного заповедника и отдельные мемуары.

Пространственное распределение колюшки в Белом море неравномерно. Ее много в Мезенском, Кандалакшском и Двинском заливах, меньше – в Онежском (Мухомедияров, 1966). Первые известные нам сведения о колюшке Белого моря относятся к концу XIX века. И.К. Тарнани (1891) (цит. по Мухомедиярову, 1966), характеризуя рыболовство Соловецкого монастыря, писал: «колюшка попадает в очень большом количестве, в один раз пудов десять». В 1911 г. К.К. Сент-Илер (1934) отмечал «значительные скопления» колюшки в Двинском заливе. В 1930-е годы численность колюшки была особенно высокой. Например, Сент-Илер (1934) описывает ее «несметные стаи» в районе Ковды. В 1932 г. В.В.Чернавин, который организовывал добычу колюшки с целью получения рыбной муки, 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» (Чернавин, 1999, с. 322). Принимая среднюю массу колюшки около 2.5 г (по нашим данным) длину концов невода 30 м, легко подсчитать, что численность колюшки составляла в данном районе около 250 экз./м<sup>2</sup>.

Во время Великой Отечественной Войны колюшка в Белом море была объектом промысла. Ловили ее в основном сельдяными неводами, крупный размер ячеи которых позволял уходить большому количеству особей, но все же, и таким способом ее можно было выловить довольно много. Местное население употребляло колюшку в пищу и для кормления скота и птицы. Жир использовался для заживления ран. Отходы после его вытопки шли на корм скоту. Очевидно, эти данные говорят о высокой численности колюшки в первую половину 1940-х гг., хотя не исключено, что интенсивный промысел был также связан с очень высокой потребностью в этой рыбе из-за общего недостатка ресурсов.

После войны вылов колюшки стал снижаться. В 1948 году в Онежском заливе местные рыбаки говорили, что колюшка ловится плохо, а исследователи с Гридинской станции во время рейса смогли поймать только 2 кг колюшки (Рабочий дневник..., архив Гридинской станции). Все же, в первую половину 1950-х гг. промысел колюшки был довольно стабильным. Судя по данным Терского рыбоприемного пункта (Статистические данные..., архивы Гридинской станции), ее годовые уловы варьировали от 18 до 94 тонн. Затем добыча снизилась, и последние существенные уловы отмечены в 1957 г., когда за год Кандалакшский рыбоконсервный завод принял на обработку 43.7 тонн колюшки.

Не вполне ясно, объясняется ли спад промысла колюшки к концу 1950-х гг. исключительно снижением ее запаса, или здесь играли роль также и другие факторы. Документы свидетельствуют о том, что прекращение промысла колюшки связано с лимитированием ее добычи и затем с прекращением переработки. Местное население и в 1950-е годы продолжало вылавливать колюшку для корма скота и птицы.

В 1960-е годы численность колюшки снизилась очень сильно. Промысел и заготовка местным населением прекратились. В 1975–77 гг. сотрудники Кандалакшского заповедника отмечают кратковременное увеличение численности колюшки, но в целом, с 1960-х до конца 1990-х гг. численность вида была очень низкой. В частности, А.В. Телегин (1991, 1999), проводивший ихтиологическую съемку в Кандалакшском заливе в 1986–87 гг., отмечал, что трехиглая колюшка встречалась лишь единично, рядом с небольшими поселениями зостеры.

Первые признаки роста обилия беломорской колюшки отмечены в летописях Кандалакшского заповедника в 1997 г., и все последующие годы рост численности продолжался. Судя по нашим данным, в районе Керетского архипелага за период 2006–2009 гг. колюшки на нерестилищах стало больше в 20–30 раз. Но ее численность, все-таки еще не достигла значений, наблюдавшихся во времена Чернавина.

В целом, анализ исторических данных дает общее представление о динамике численности трехиглой колюшки в Белом море. Можно говорить о том, что колюшка в целом, является очень многочисленной рыбой, за исключением периода с 1960-х по конец 1990-х гг. Несомненно, что масштабные колебания численности столь массового вида не могут происходить независимо от изменений в других звеньях трофической цепи – как в планктонных сообществах, обеспечивающих корм колюшке, так и хищных рыб и птиц, для которых эта рыба является пищей. При условии хорошего знания характера связей между звеньями, данные о долговременных изменениях численности колюшки может явиться ключом к пониманию истории беломорской экосистемы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 09-04-01357-а.

#### Список литературы

- Летопись природы Кандалакшского заповедника за 1948 – 2006 год. Кандалакша, Кандалакшский государственный природный заповедник, 1954–2006 (Архивы заповедника).
- Мухомедияров Ф.Б. Трехиглая колюшка Кандалакшского залива Белого моря. // *Вопр. ихтиол.* 1966. Т. 6. Вып. 3(40). С. 454–467.
- Рабочий дневник экспедиции 2-й партии Беломорского отряда к.-ф. Н.И. базы АН СССР 1949 г. Гридино. Начальник Эрастова В.М. // Карельский филиал АН СССР. Ф. 20. Оп. 2. Д. 24 (Архивы Гридинской станции).
- Статистические данные по уловам рыб по побережью Белого моря. // Карельский филиал АН СССР. Ф. 20. Оп. 2. Дд. 85, 369, 364, 24, 365, 366, 576 (1949–1956 гг.) (Архивы Гридинской станции).
- Телегин А.В. Инвентаризация флоры и фауны Кандалакшского заповедника. Неопубликованный отчет под ред. зам. директора по научной работе Бойко Н.С. Кандалакша, Архив Кандалакшского государственного природного заповедника, 1991.
- Телегин А.В. Многолетние изменения в экосистеме губы Бабые море (Кандалакшский залив Белого моря) / III международный семинар «Рациональное использование прибрежной зоны северных морей». Материалы докладов, – СПб, 1999. С. 68–76.
- Чернавин В.В. Записки «вредителя». / Владимир и Татьяна Чернавины. Записки «вредителя»; Побег из ГУЛАГа. – СПб.: Канон, 1999.

Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 212–213.

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗВЕСИ В ДВИНСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ 2006 Г.

В.П. Шевченко<sup>1</sup>, М.Д. Кравчишина<sup>1</sup>, А.Н. Новигатский<sup>1</sup>, А.С. Филиппов<sup>1</sup>, А.А. Лебедев<sup>2</sup>, А.В. Лещев<sup>3</sup>, А.Е. Яковлев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт океанологии РАН, Москва, e-mail: vshevch@ocean.ru

<sup>2</sup>Институт экологических проблем Севера УрО РАН, Архангельск

<sup>3</sup>Северо-Западное отделение Института океанологии РАН,  
Архангельск, e-mail: nwdioras@atnet.ru

Взвесь является важным геохимическим и экологическим показателем состояния любой водной системы, в том числе и Белого моря (Лисицын, 2003; Кравчишина, 2009). Пониженное или, наоборот, повышенное содержание взвеси в воде имеет непосредственное влияние на экологическое равновесие акватории. Распределение взвеси в Белом море в период весеннего половодья изучено слабо (Лисицын и др., 2003). Новые данные в этом направлении исследований были получены в экспедиции, проходившей в период с 16 мая по 6 июня 2006 г.

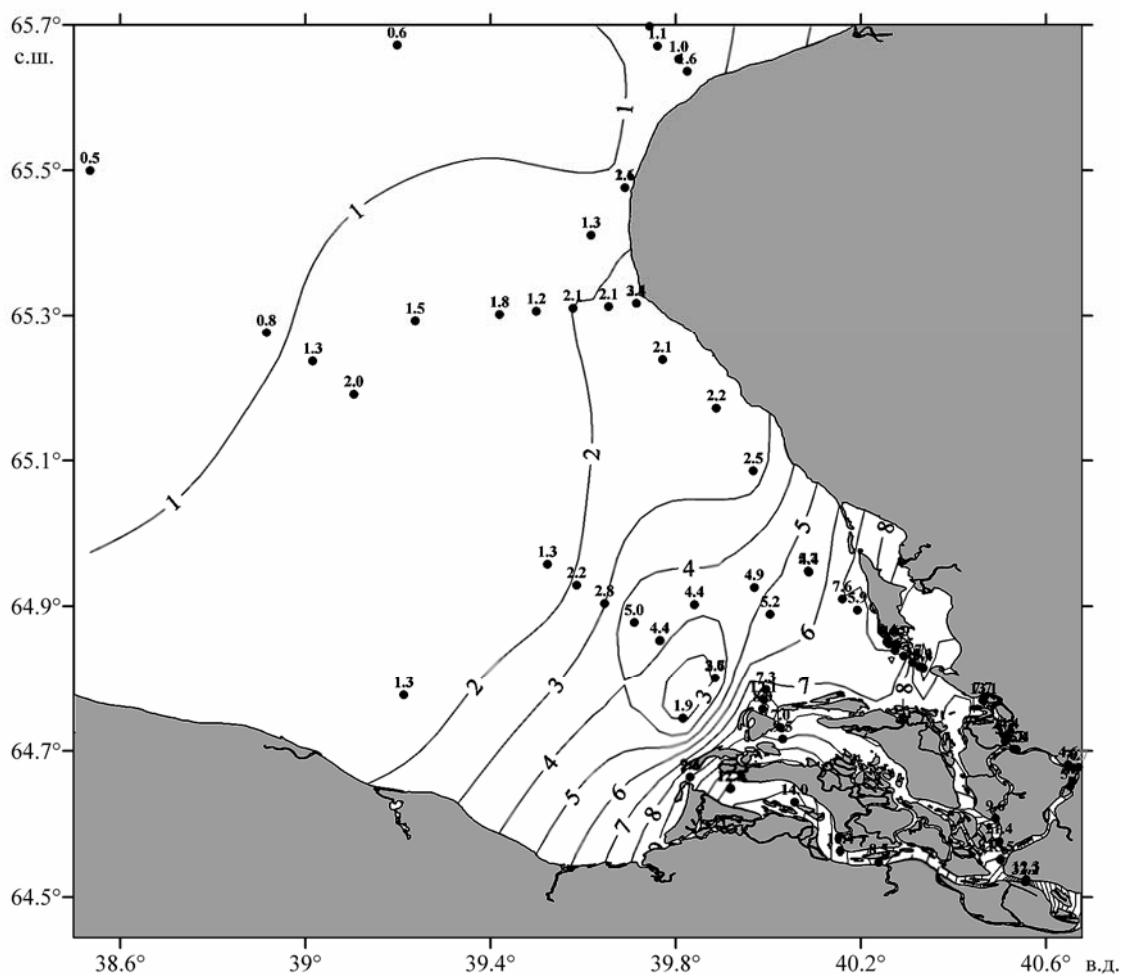


Рис. Распределение взвеси в поверхностном слое воды Двинского залива (0–1 м) 23–30 мая 2006 г., мг/л.

Работы проводились в устье реки Северная Двина, на верхнем замыкающем устьевом створе (мониторинговая станция Усть-Пинега), в притоках Северной Двины (р. Пинега и р. Емца), в Двинском заливе и на прилегающих участках Горла и Бассейна. В дельте Северной Двины исследования выполнялись на речном катере МЗ-102, предоставленном Архангельским филиалом ФГУП «Росморпорт». Для работы на притоках Северной Двины и на берегу использовались автотранспорт и моторные лодки Архангельского ЦГМС-Р. В период с 23 по 30 мая был осуществлен рейс в Двинский залив на НИС «Акванавт-2». Работы проводились с подробной корректировкой по данным спутника цвета океана Aqua MODIS. Измерения температуры, солености и мутности производились с помощью гидрофизического зонда CTD90 «Sea & Sun». Пробы воды для изучения взвеси были отобраны на станциях с различных горизонтов пластиковыми 10-л батометрами и с поверхности чистым пластиковым ведром. Выделение взвеси для определения ее концентрации и дальнейшего изучения состава проводилось методом фильтрации под вакуумом  $-0.4$  атм. через чистые и предварительно взвешенные ядерные фильтры диаметром 47 мм с диаметром пор 0.45 мкм (Лисицын и др., 2003).

Весенний паводок 2006 г. характеризовался самыми низкими за последние 60 лет уровнем воды и речным стоком, что явилось результатом необычайно малоснежной зимы в водосборном бассейне Северной Двины.

По данным экспедиции вдоль Зимнего берега и центральной части Двинского залива был четко зафиксирован распространяющийся поверхностный распресненный слой речных вод, уходящий в Горло. Мощность слоя не превышала 8 м, температура по мере удаления от реки уменьшалась от 12 до 4°C.

Концентрация взвеси в нижнем течении р. Емца в 3 км выше места ее впадения в Северную Двину составляла 3.94 мг/л, в реке Пинега около пос. Пинега – 5.73 мг/л, в рукаве Маймакса в среднем 12.1 мг/л, в устьевой части реки в целом чуть более 10 мг/л, что ниже, чем средние многолетние значения для паводка Северной Двины. В открытых участках моря концентрации взвеси постепенно уменьшаются, по мере удаления от устья реки, и в Горле мы наблюдаем величины, не превышающие 1 мг/л (рис.). Для вертикального распределения взвеси в Двинском заливе, также как и вод, характерно трехслойное расчленение: наличие главных максимумов взвеси на поверхности (над пикноклином) и у дна (нефелоидный слой).

Авторы признательны академику А.П. Лисицыну, Л.Э. Скибинскому, В.Б. Коробову и А.Ю. Богунову за поддержку, экипажам НИС «Акванавт-2» и катера МЗ-102 и участникам экспедиции за помощь. Исследования были выполнены при финансовой поддержке Президиума РАН (программы фундаментальных исследований № 17 и № 20), ОНЗ РАН (проект «Наночастицы во внешних и внутренних сферах Земли»), грантов поддержки ведущих научных школ НШ-361. 2008.5 и НШ-3714.2010.5.

### Список литературы

- Кравчишина М.Д. Взвешенное вещество Белого моря и его гранулометрический состав. – М.: Научный мир, 2009. 262 с.
- Лисицын А.П. Новые возможности четырехмерной океанологии и мониторинга второго поколения – опыт двухлетних исследований на Белом море // Актуальные проблемы океанологии. – М.: Наука, 2003. С. 503–556.
- Лисицын А.П., Шевченко В.П., Буренков В.И. и др. Взвесь и гидрооптика Белого моря – новые закономерности количественного распределения и гранулометрии // Актуальные проблемы океанологии. – М.: Наука, 2003. С. 554–605.

*Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 214–215.*

## **РАЗНООБРАЗИЕ МАКРОВОДОРОСЛЕЙ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ИХ СООБЩЕСТВ В БЕЛОМ И БАРЕНЦЕВОМ МОРЯХ**

**Е.В. Шошина**

Мурманский государственный технический университет, e-mail: shoshinaev@mstu.edu.ru

Макроводоросли, как первичные продуценты, в значительной степени определяют продуктивность прибрежных сообществ северных морей России. Материалом для работы послужили собственные наблюдения и исследования, выполненные на побережье Баренцева и Белого морей в разные годы (Кузнецов, Шошина, 2003 и другие).

По видовому разнообразию макроводоросли Белого моря лишь немного уступают таковому в Баренцевом море. Макроводоросли наиболее разнообразны на Мурманском побережье Баренцева моря, здесь обитает 194 вида (Зинова, 1962); этот список видов ждет своей ревизии. Наиболее хорошо изученным во флористическом отношении является район губы Дальнезеленецкой (Восточный Мурман); здесь отмечено 153 вида: 57 бурых, 54 красных и 42 вида зеленых. При движении на север и северо-восток Баренцева моря идет снижение видового разнообразия макроводорослей, прежде всего за счет выпадения бореальных форм. Флора макроводорослей архипелага Шпицберген насчитывает 142 вида, архипелага Земля Франца-Иосифа – 63 вида (Кузнецов, Шошина, 2003). Для Белого моря отмечается немногим меньше видов, чем в Баренцевом море, – 183 вида (Бергер, 2007). При движении от центральных районов Белого моря, например Соловецких островов, вглубь заливов и далее в бухты идет закономерное снижение видового разнообразия макроводорослей в сообществах литорали и сублиторали. Различия между видовым составом макроводорослей Баренцева и Белого морей не в качественном составе, а количественном соотношении между видами. Доминирующий комплекс – единый, но субдоминантами в сообществах могут выступать разные виды в связи с различиями в условиях обитания. В Белом море, в целом, при пониженной солености и интенсивности движения воды, при значительной изрезанности береговой линии, отсутствуют некоторые виды, предпочитающие океаническую соленость и высокую прибойность. По систематическому составу флора макроводорослей Белого и Баренцева моря представляет собой обедненную флору Северной Атлантики.

Растительность прибрежной зоны Белого и Баренцева морей имеет типичные черты, свойственные таковой районам высокобореальной подзоны: на литорали доминируют фукусковые водоросли, в сублиторали – ламинариевые. Из особенностей макрофитобентоса Белого моря следует отметить, что фукусковые водоросли обитают на литорали и опускаются в сублитораль до глубины 2–3 м, иногда 5 м; глубже идут обширные заросли ламинариевых водорослей. В Баренцевом море, наоборот, в прибойных местах на скалистом и каменистом побережье ламинариевые, которые здесь более разнообразны, поднимаются в нижний горизонт литорали. В сообществах макроводорослей, распространенных в арктических районах Баренцева моря, отмечено снижение биомассы и плотности поселений водорослей; характерной особенностью является доминирование немногих видов. Видам макроводорослей из арктических районов свойственны меньшие размеры слоевища, отмечается уменьшение интенсивности фотосинтеза и скорости вегетативного роста, снижение репродуктивного потенциала растений (Шошина и др., 1997). В то же время по средним значениям биомассы и плотности поселений фукусов и ламинарий, возрастной и размерной структуре поселений доминирующих видов сообщества макроводорослей на Мурманском побережье и побережье Белого моря

(губа Чупа) являются сопоставимыми (Кузнецов, Шошина, 2003). Показатели биомассы и плотности поселений водорослей закономерно снижаются при движении вглубь крупных заливов и губ, при существенном снижении солености и интенсивности движения воды, в связи с преобладанием мягких грунтов.

Годовая продукция макроводорослей как первичных продуцентов определяется величиной солнечной радиации, которая зависит от широты местности, кроме того, в северных районах, в значительной степени зависит от температуры воды в период вегетации водорослей, от степени «ледовитости» района и других факторов. Годовая продукция макроводорослей в районе архипелага Земля Франца-Иосифа оценивается равной  $133 \text{ г С м}^{-2}$  в год (Кузнецов, Шошина, 2003); в этом районе первичная продукция различных фитоценозов (макрофитобентоса, микрофитобентоса, фитопланктона и криофитопланктона) сопоставима. В прибрежных районах Восточного Мурмана годовая продукция макроводорослей литорали составляет в среднем  $0.7 \text{ кг С м}^{-2}$ , в сублиторали – около  $2 \text{ кг С м}^{-2}$ , с учетом распределения макроводорослей, их биомассы, скорости фотосинтеза и продолжительности вегетационного периода. Относительный вклад макроводорослей в общую первичную продукцию разных групп продуцентов составляет около двух третей. Таким образом, первичный продукционный потенциал в прибрежной экосистеме Баренцева моря базируется на макроводорослях верхней сублиторали. Эксперименты с использованием одинаковой методики (кислородной) показали, что суточная продукция фукоидов Баренцева и Белого морей сопоставима (с поправкой на температуру). Так, первичная продукция *Fucus vesiculosus* составляет  $0.83 (0.42-1.24) \text{ мг С/г сырого веса в сутки}$  в Баренцевом море (Кузнецов, Шошина, 2003) и  $0.24 \text{ мг О}_2/\text{г в час}$  или  $2.16 \text{ мг С/г в сутки}$  в Белом море (Бергер, 2009). Таким образом, по показателям продуктивности сообщества водорослей Баренцева и Белого морей являются сопоставимыми.

#### Список литературы

- Бергер В.Я. Продукционный потенциал Белого моря. / Исследование фауны морей. Т. 60 (68). – СПб: изд-во ЗИН РАН, 2007. 292 с.
- Бергер В.Я. Продукция бурых водорослей *Ascophyllum nodosum* и *Fucus vesiculosus* в Белом море // Биология моря, 2009, т. 35, № 5. С. 369–371.
- Кузнецов Л.Л., Шошина Е.В. Фитоценозы Баренцева моря (физиологические и структурные характеристики). – Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2003. 308 с.
- Шошина Е. В., Макаров В. Н., Макаров М. В. Биологические особенности ламинариевых Земли Франца-Иосифа // Биология моря, 1997. № 5. С. 286–292.



Проблемы изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря.  
XI Всероссийская конференция с международным участием.  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург. 2010. С. 216–217.

## ПИТАНИЕ МОЛОДИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ В БЕЛОМОРСКИХ РЕКАХ В УСЛОВИЯХ ОСЕННЕГО ПАВОДКА

Ю.А. Шустов, Е.Н. Белякова

Петрозаводский государственный университет, e-mail: belyakovalena@yandex.ru

В отечественной и зарубежной литературе о питании молоди атлантического лосося *Salmo salar* Linnaeus и кумжи *Salmo trutta* Linnaeus в нерестовых реках имеется множество сведений; исследованы пищевое поведение и состав пищи, сезонная, возрастная и суточная динамика (Шустов, 1983 и другие работы). И все же основные исследования питания рыб были выполнены в летний период – в сезон наиболее активного питания молоди лососевых в речных условиях. Меньше данных о количественных и качественных характеристиках питания рыб в осенний период. А данные о том, могут ли успешно питаться сеголетки и пестрятки в период осеннего паводка, когда рыбы, из-за сильного потока воды, вынуждены уходить в укрытия между камнями, нам не известны.

Материалами для данного сообщения послужили пробы сеголетков (возраст 0+) и пестряток (возраст 1+ – 3+) атлантического лосося и кумжи, собранные на порогах и перекатах беломорских рек (Порья, Индера) и ручьев (Ольховка, ручьи р. Варзуга – Пятка, Собачий) Кольского полуострова в осенние периоды с разным гидрологическим режимом – с нормальным уровнем (1974 и 2003 гг.) и в условиях большого паводка (2004). В реках Кольского п-ова молодь лососевых рыб обычно обитает на участках рек с валунно-галечным грунтом, глубиной менее 0.5 метра и скоростью потока не более 0.2–0.3 м/с (Веселов, Калюжин, 2001), поэтому отлов рыб с помощью мальковой ловушки или ранцевого электролова не представляет никаких затруднений.

Отлов рыб в период осеннего паводка (сентябрь 2004 г.), когда уровень воды из-за непрерывных дождей резко поднялся на 1 метр и выше, а скорость потока в местах обитания молоди лососевых рыб с 0.2–0.3 м/с увеличилась до 1 м/с и более, был крайне затруднен и проводился только у берега. Всего нами было исследовано питание 116 экз. молоди лососевых рыб (атлантический лосось – 86 экз.; кумжа – 30 экз.). Вес сеголетков лосося и кумжи составлял около 1 грамма, длина в пределах 4–5 см. Вес пестряток лосося колебался в пределах 3.5–10 г, длина – 6.5–10.5 см. Вес пестряток кумжи был значительно больше и максимально достигал 99 г. После отлова рыб сразу фиксировали 4% раствором формалина, а камеральную обработку, согласно традиционным методикам (Методическое пособие ..., 1974), проводили в лабораторных условиях. Пищевой комок извлекали из желудков рыб; определяли общий индекс наполнения желудка (‰ – отношение веса пищи к весу рыбы, умноженное на 10 000); подсчитывали количество организмов – общее и для основных систематических групп, таких как, например, хирономиды, мошки, поденки, веснянки, ручейники и др.

Настоящие исследования питания молоди атлантического лосося и кумжи в реках и ручьях Кольского п-ва показали, что осенью, даже в самых неблагоприятных условиях – в период осеннего паводка, рыбы продолжают питаться, причем у некоторых особей желудки были плотно наполнены пищей. Так, например, во время осеннего паводка 2004 г. у сеголетка кумжи длиной 4.5 см и весом 0.9 г, выловленного в ручье Ольховка, индекс наполнения желудка составлял 200‰. Рыбка питалась крупными формами амфибиотических насекомых (Chironomidae L. – 3 экз., Ephemeroptera N. – 2 экз., Plecoptera N. – 2 экз.; комар – 1 экз.). Из этого же ручья пестрятка кумжи весом 77 грамм и длиной 19.5 см (возраст 2+) имела индекс наполнения желудка в 204‰. Пищевой

спектр составлял: 1 экз. сеголетка кумжи длиной 4 см и весом 0.8 г, 8 экз. личинок ручейников в песчаных домиках и около 70 экз. имаго насекомых (комары, муравьи, мелкие жучки). Некоторые сеголетки и пестрятки атлантического лосося в осенний паводок 2004 г. также очень активно питались. Так, сеголеток лосося (вес – 0.7 г, длина – 4.2 см) из реки Индера имел желудок, плотно наполненный крупными формами водных беспозвоночных (индекс наполнения 300‰; пищевой спектр: Plecoptera N. – 2 экз., Ephemeroptera N., – 3 экз., Chironomidae L. – 2 экз.). В ручье Пятка пестрятка лосося весом 3.7 г, длиной 7.3 см (возраст 1+) также питалась исключительно крупными формами амфибиотических насекомых, количество которых достигало более 30 экз. (индекс наполнения – 459 0\000; пищевой спектр: Ephemeroptera N. – 20 экз., Plecoptera N. – 20 экз., Trichoptera L. – 1 экз.).

Таким образом, наши исследования питания молоди атлантического лосося и кумжи в реках и ручьях Кольского п-ва в осенний период, в том числе и в паводок, свидетельствуют о том, что даже в столь неблагоприятных гидрологических условиях (резкое повышение уровня воды и скорости потока) сеголетки и пестрятки лососевых рыб продолжают питаться, причем у некоторых особей желудки плотно наполнены пищей. Эти факты, безусловно, свидетельствует о высоких адаптационных способностях молоди лососевых рыб к речным условиям.

#### Список литературы

- Веселов А.Е., Шустов Ю.А. Сезонные особенности поведения и распределения молоди пресноводного лосося *Salmo salar* L. sebago Girard в реке. // Вопр. ихтиол., 1991. Т. 31, вып. 2. С. 346–350.
- Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. 1974. – М. 254 с.
- Шустов Ю.А. Экология молоди атлантического лосося. – Петрозаводск. 1983. 152 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	4
А.Ф. Алимов, А.П. Алексеев. Проект «Белое море» и его роль в организации комплексных исследований .....	5
А.С. Адонин, Н.В. Мушников, О.И. Подгорная, Т.Г. Шапошникова. Ультратрунтурная организация области контакта ооцита с зачатковым эпителием (пластинки контакта) у сцифомедузы <i>Aurelia aurita</i> .....	9
Я.И. Алексеева, Д.Л. Лайус. Влияние лесной промышленности и промысла на численность популяций атлантического лосося на Русском Севере в конце XIX – начале XX века .....	11
К.А. Аленина, В.В. Куц, О.В. Сенько, Е.Н. Ефременко, А.Д. Исмаилов. Токсикологические биосенсоры на основе светящихся бактерий Белого моря .....	12
В.С. Артамонова, А.В. Кучерявый. Внутривидовое разнообразие последовательности COI митохондриальной ДНК миноги <i>Lethenteron camtschaticum</i> на ее ареале .....	14
И.А. Барышев, А.Е. Веселов. Зообентос пороговых участков лососевых нерестовых рек бассейна Белого моря .....	16
Л.А. Басова. Рост и метаболизм <i>Arctica islandica</i> (Bivalvia): особенности беломорских популяций .....	18
И.Н. Бахмет Взаимосвязь морфологических и физиологических показателей мидии <i>Mytilus edulis</i> Linnaeus в полевых и лабораторных условиях .....	20
Т.А. Белевич, Л.В. Ильаш. Обилие и параметры флуоресценции пикофитопланктона в проливе Великая Салма Белого моря .....	22
В.Я. Бергер, В.И. Черноок. Использование трофических взаимоотношений между элементами экосистем для оценки рыбных ресурсов Белого моря .....	24
Н.С. Бойко. Характер размещения и численность кольчатой нерпы в летний период в Кандалакшском заливе Белого моря .....	26
М.В. Букина, М.В. Иванов, Е.В. Шатских. Восстановление морской травы <i>Zostera marina</i> Linnaeus в Белом море: современный этап .....	28
А.Е. Веселов, Д.А. Ефремов, Е.Н. Белякова, К.Ю. Потапов. Воспроизводство атлантического лосося в реках Восточной Финноскандии (Карелия и Кольский полуостров) .....	31
А.В. Герасимова, Н.В. Максимович, Е.К. Кузнецова, Ф.М. Мартынов, Л.С. Касаткина, А.П. Медведчук. О закономерностях организации донных сообществ мягких грунтов в литоральной и сублиторальной зоне Белого моря (Керетский архипелаг) .....	33
Ю.В. Гончаров, Г.В. Фукс. Некоторые данные о биологии беломорской трески .....	35
Н.Г. Дворянкина. Фитопланктон кутовой части Двинского залива Белого моря в сентябре 2009 г. ....	37
Г.А. Дворянкин. О нахождении синца <i>Abramis ballerus</i> (Linnaeus, 1758) и красноперки <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758) в бассейне р. Онеги .....	39
Г.В. Девицина, Т.В. Головкина. Морфологические основы хемосенсорной ориентации беломорской трески и наваги .....	41
А.В. Деревщиков, П.П. Кравец. Исследование зообентосных сообществ литорали губ Чупа и Колвица Кандалакшского залива Белого моря .....	43

Г.Н. Доровских, В.Г. Степанов. Паразитофауна гольяна <i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus) из бассейнов главных рек северо-востока европейской части России .....	45
Е.А. Дорофеева. Беломорские форели в системе полиморфного вида <i>Salmo trutta</i> Linnaeus .....	47
С.А. Забелина, Н.М. Кокрятская, Т.Я. Воробьева. Микробиологические аспекты цикла серы в устьевой области Северной Двины .....	50
Я.И. Заботин, А.И. Голубев. Новые данные по ультраструктуре половой системы бескишечной турбеллярии <i>Archaphanostoma agile</i> Белого моря .....	52
О.В. Зайцева, А.А. Петров, Т.Г. Маркосова, С.А. Петров. Сравнительное исследование нейромышечной организации у беломорских видов немертин .....	54
О.В. Зайцева, В.Н. Романов, Т.Г. Маркосова. Исследование рецепторных элементов иннервации мускулатуры у беломорских асцидий <i>Styela rustica</i> и <i>Molgula citrina</i> .....	56
А.В. Зубченко, С.В. Прусов, С.С. Крылова. Состояние запасов и управление промыслом горбуши в Белом море .....	58
Т.С. Иванова, Д.Л. Лайус, Е.В. Шатских, М.В. Иванов. Динамика численности трехиглой колюшки в Белом море: современное состояние .....	60
В.В. Игнатенко, А.А. Махров. Перспективы реакклиматизации нельмы ( <i>Stenodus leucichthys nelma</i> ) в реках беломорского побережья Карелии .....	62
Л.В. Ильяш, И.Г. Радченко, В.П. Шевченко, А.Л. Чульцова. Влияние фронтальных зон на пространственное распределение позднелетнего фитопланктона Белого моря .....	64
А.Д. Исмаилов. Светящиеся бактерии Белого моря: физиологические и эмиссионные характеристики .....	66
Н.Н. Камардин, В.А. Любимцев, Е.Л. Корниенко, Г.П. Удалова, С.В. Холодкевич. Нейротоксический эффект Cd, Pb и Cu на кардиоактивность <i>Littorina littorea</i> в хронических экспериментах .....	68
Н.П. Канцерова, Л.А. Лысенко, Н.Н. Немова. Влияние нефтепродуктов на кальций-зависимую протеолитическую активность в тканях мидии <i>Mytilus edulis</i> (Linnaeus, 1758) .....	70
М.В. Католикова, П.П. Стрелков, В.М. Хайтов, М.М. Ганцевич, Р. Вайнола. Тихоокеанская мидия <i>Mytilus trossulus</i> в Белом море: распространение, экологические и генетические взаимоотношения с <i>Mytilus edulis</i> .....	72
Н.В. Климовский. Сезонная изменчивость распределения биогенных элементов в Унской губе Белого моря в 2008 г. ....	74
Г.А. Колбасов, А.С. Петрунина. Филогения ракообразных класса Tantulocarida на примере беломорских видов .....	76
Е.В. Козминский. К вопросу о механизмах детерминации пола у <i>Littorina saxatilis</i> и <i>L. obtusata</i> (Gastropoda: Prosobranchia) .....	78
А.К. Козьмин. Рыбные ресурсы водоемов бассейна реки Онеги, сохранение и использование их в изменившихся экологических условиях .....	80
Н.М. Кокрятская, С.А. Забелина, К.В. Титова, О.Н. Воронцова. Биогеохимические процессы цикла серы в эстуарии Северной Двины .....	82
А.Ю. Комендантов, А.О. Смуров. Продолжительность соленостной адаптации <i>Littorina obtusata</i> (Linnaeus, 1758) .....	84
А.А. Корзунина, Е.Ф. Марковская. Сравнительный анализ состава пигментов галофитов приливно-отливной зоны Белого моря .....	86
А.С. Корякин, Н.С. Бойко. Орлан-белохвост и обыкновенная гага в Кандалакшском заливе, Белое море .....	88

Е.А. Котикова. Acoela и Plathelminthes: гистохимические и иммуноцитохимические исследования нервной системы ...	90
П.П. Кравец. Исследование литоральных поселений мидий <i>Mytilus edulis</i> Linnaeus Терского берега Кандалакшского залива Белого моря .....	92
М.Д. Кравчишина, Н.В. Политова, А.Н. Новигатский, А.С. Филиппов, В.П. Шевченко. Исследование концентрации хлорофилла <i>a</i> в Белом море летом .....	94
А.В. Крайковский. Численность популяций атлантического лосося рек бассейна Белого и Баренцева морей: легенды об изобилии и проза документов .....	96
Т.В. Кузнецова, С.В. Холодкевич, А.С. Куракин, Е.Л. Корниенко, Иванов. Характеристики кардиоактивности беломорских моллюсков <i>Mytilus edulis</i> Linnaeus и <i>Littorina littorea</i> (Linnaeus) как биомаркеры изменения состояния среды обитания .....	98
И.П. Кутчева. Зоопланктон Белого моря .....	100
П.А. Лезин, Л.П. Флячинская, В.В. Халаман. К вопросу о видовой принадлежности моллюсков рода <i>Hiatella</i> в Белом море .....	102
Г.А. Леонова, В.А. Бобров. Общие закономерности концентрирования химических элементов зоопланктоном Белого моря .....	104
И.Ю. Македонская. Фитопланктон заливов Белого моря в 2001–2008 гг. ....	107
С.С. Малавенда. Морфологическая изменчивость бурой водоросли <i>Fucus distichus</i> Linnaeus Кандалакшского залива Белого моря .....	109
Д.М. Мартынова. Сезонная динамика популяций бореальных копепод в Белом море: поиск лимитирующих факторов ..	111
А.А. Махров, В.С. Артамонова, Д.И. Александров, В.А. Широков, И.Л. Щуров. Экология кумжи ( <i>Salmo trutta</i> Linnaeus) побережий Белого и Баренцева морей .....	114
И.В. Мискевич. Оценка сезонной и междугодовой изменчивости гидролого-гидрохимических показателей прибрежных участков Белого моря в период 2000–2009 гг. ....	116
Е.А. Мовчан, И.А. Стогов. Продукция личинок семейства Chironomidae на скальных ванн побережья Белого моря .....	118
О.Н. Мохова. Сравнительный анализ промысловых характеристик беломорских фукоидов в эксплуатируемых зарослях .....	119
С.А. Мурзина, Д.М. Мартынова, З.А. Нефедова, Н.Н. Немова. Возрастные и сезонные особенности липидного спектра <i>Calanus glacialis</i> Кандалакшского залива Белого моря .....	121
Л.Е. Назарова. Изменчивость климатических характеристик Карельского побережья Белого моря во второй половине XX – начале XXI вв. ....	123
Н.Н. Немова. Биохимические адаптации гидробионтов Белого моря .....	125
К.Е. Николаев, К. В. Галактионов. Многолетняя динамика зараженности моллюсков <i>Littorina saxatilis</i> и <i>L. obtusata</i> партенитами трематод в устьевой части губы Чупа Кандалакшского залива Белого моря .....	127
А.П. Новоселов. Биологическое разнообразие ихтиофауны крупных рек юго-восточного побережья Белого моря (Архангельская область) .....	129
М.Ю. Озеров, А.Е. Веселов, Я. Лумме, К.Р. Приммер. Влияние экологических факторов на генетическую структуру популяций атлантического лосося, нерестящегося в реках бассейнов Белого, Баренцева и Балтийского морей .....	131

Т.Д. Орлова (Майорова), И.А. Косевич. Характеристика пространственно-временного распределения серотонина и FMRF-амида на стадиях раннего онтогенеза стрекающих <i>Aurelia aurita</i> (Scyphozoa) и <i>Gonothyraea loveni</i> (Hydrozoa) .....	132
А.Н. Пантюлин. Морфология и физиология водного тела Белого моря .....	134
Л.В. Парухина. Распределение личинок сельди <i>Clupea pallasii marisalbi</i> Berg в Онежском заливе Белого моря .....	136
С.В. Пастухов. Современное состояние промысла наваги Белого моря .....	138
А.А. Петров. Особенности организации мускулатуры мозга у беломорских турбеллярий-моноцелидид (Proseriata, Monocelididae) .....	140
А.С. Петрунина, г.А. Колбасов. Морфология и анатомия ракообразных класса Tantulocarida .....	141
И.М. Примаков, Е.А. Кузнецова. Пространственное распределение летнего зоопланктона Белого и юго-восточной части Баренцева моря .....	143
Б.Ф. Прищепа, С.В. Прусов. Проблемы промысла семги на смешанном запасе .....	145
В.В. Прокофьев. Особенности суточной ритмики эмиссии церкарий литоральных трематод Белого и Баренцева морей .....	147
А.А. Прудковский. Сравнение приливной изменчивости и сезонных изменений численности прибрежного зоопланктона Белого моря в районе ББС МГУ им. Н.А. Перцова .....	150
А.И. Раилкин, О.А. Шилова, С.З. Чикадзе, Л.Н. Ефимова. Экологически безопасная защита от морского обрастания на основе традиционных и новых подходов .....	152
Л.П. Рыжков. Аквакультура в бассейне Белого моря .....	154
Е.М. Савина, И.А. Косевич. Возможность трансдифференцировки клеток гидрантов у текатных гидроидных .....	156
В. Савинов, О. Корнеев, А. Рыбалко, А. Наумов, А. Кочетков, Н. Грин. Хлорированные углеводороды и полибромированные дифенилэфиры в донных отложениях и биоте Белого моря .....	158
А.Ф. Сажин, Т.Н. Ратькова, С.А. Мошаров, Н.Д. Романова, И.В. Мошарова, А.Ф. Пастернак. Структурные и функциональные характеристики обитателей прибрежного льда и подледной воды Белого моря в весенний период (губа Чупа, Кандалакшский залив) .....	161
В.В. Сапожников, Н.В. Аржанова, Н.В. Мордасова. Гидрохимические основы биопродуктивности Белого моря .....	163
А.В. Семушин. Аномальная пигментация и встречаемость левоглазых особей у камбаловых Белого моря .....	165
Л.А. Сергиенко, Р.В. Eidesen. Морфологические аспекты видообразования и формирования адаптационных стратегий видов рода <i>Ricciniella</i> Parl. (семейство Мятликовые) в прибрежных растительных сообществах Белого моря .....	167
Т.Г. Симдянов. Особенности ультраструктуры нескольких видов грегариин – паразитов беспозвоночных Белого моря .....	170
Л.Э. Скибинский, А.Л. Чульцова. Исследование накопления биогенных элементов в ледовом и снежном покрове устьевой области реки Северной Двины в 2009 г. ....	172
А.В. Сониная. Видовое разнообразие и экотопическая приуроченность прибрежных эпилитных лишайников Кандалакшского залива Белого моря .....	174

В.А. Спиридонов, Е.Ю. Солянка, А.Д. Наумов. Почему не схожи между собой сообщества сублиторального макробентоса Горла и Онежского залива Белого моря .....	176
И.А. Стогов, Н.В. Полякова, А.И. Старков, Е.А. Мовчан. Планктонные беспозвоночные водоемов побережья Белого моря .....	179
А.П. Столяров. Пространственная структура литорального сообщества Лапшагинского эстуария и ее изменения в летний период (Кандалакшский залив, Белое море) .....	183
Е.В. Теканова, И.Ю. Потапова. Первичная продукция и хлорофилл в прибрежной зоне Онежского залива Белого моря .....	185
Г.Д. Титова. Проблемы экономической оценки экосистем и биоразнообразия .....	187
А.В. Толстикова, И.А. Неелов. Расчет водо- и массообмена через Горло Белого моря с использованием модели термогидродинамики и экосистемы моря .....	189
В.А. Трошков. Оценка сезонной и многолетней изменчивости продуктивности пелагиали Белого моря .....	191
Н.А. Филиппова, Н.В. Максимович. Иерархическая классификация как средства актуализации эффектов гетерогенности литоральных сообществ макробентоса Белого моря .....	193
С.Б. Фролов, А.С. Шерстков. Опыт судового лова беломорской сельди .....	195
В.Р. Фукс, А.В. Колдунов. Динамические и биотические фронты Белого моря .....	197
М.А. Чеботарева, С.А. Забелинский, Е.П. Шуколюкова. Пределы изменения индекса ненасыщенности жирных кислот фосфолипидов при адаптациях моллюсков к среде обитания .....	199
В.И. Черноок, Д.М. Глазов, А.Н. Васильев, Е.А. Назаренко. Многовидовой авиаучет морских млекопитающих в Белом море в марте 2010 г. ....	201
Е.С. Чертопруд. Naeracticoida (Copepoda) Белого моря: структура и родственные связи фауны .....	204
В.А. Чугайнова. Комплексные исследования экосистемы Онежского залива Белого моря в 2001–2008 гг. ....	206
А.Л. Чульцова. Распределение биогенных элементов в маргинальном фильтре «р. Золотица – Белое море» в июле 2009 г. ....	208
Т.Г. Шапошникова, А.Ю. Столбовая, Н.В. Пономарцев. К вопросу о родстве окружающих ооцит тестальных клеток и морулярных клеток крови у асцидий ...	210
Е.В. Шатских, Д.Л. Лайус, Т.С. Иванова. Динамика численности трехиглой колюшки в Белом море: исторические данные .....	211
В.П. Шевченко, М.Д. Кравчишина, А.Н. Новигатский, А.С. Филиппов, А.А. Лебедев, А.В. Лещев, А.Е. Яковлев. Особенности распределения взвеси в Двинском заливе Белого моря в период весеннего половодья 2006 г. ....	213
Е.В. Шошина. Разнообразие макроводорослей и продуктивность их сообществ в Белом и Баренцевом морях .....	215
Ю.А. Шустов, Е.Н. Белякова. Питание молоди лососевых рыб в беломорских реках в условиях осеннего паводка .....	217

*Проблемы  
изучения, рационального использования  
и охраны природных ресурсов Белого моря  
Материалы XI Всероссийской конференции  
с международным участием  
9–11 ноября 2010 г. – С.-Петербург*

Техническое редактирование и верстка—  
*А.Д. Наумов*

---

Подписано и печати 10.05.2010. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Тираж 200 экз. Уч.-изд. л. 15.3. Печ. л. 27.9. Заказ №

---

Зоологический институт РАН, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 1.  
Типография