4855566

На правах рукописи

Кравец Петр Петрович

ПОПУЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОСЕЛЕНИЙ МИДИЙ MYTILUS EDULIS L. В ЭКОСИСТЕМАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

03.02.04 - зоология
03.02.08 - экология

Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата биологических наук

- 6 ОКТ 2011

Петрозаводск - 2011

Работа выполнена на кафедре биологии Биологического факультета Мурманского государственного технического университета Федерального агентства по рыболовству

Научный руководитель — доктор биологических наук профессор Шошина Елена Васильевна

Официальные оппоненты — доктор биологических наук профессор Максимович Николай Владимирович

доктор биологических наук профессор Шкляревич Галина Андреевна

Ведущая организация — Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН

Защита диссертации состоится 19 октября 2011 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.190.01 при Петрозаводском государственном университете по адресу: 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33, эколого-биологический факультет.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Петрозаводского государственного университета, с авторефератом – на сайте ПетрГУ по адресу www.petrsu.ru

Автореферат разослан «16» сентября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. биол. наук — И.М. Дзюбук

Общая характеристика работы

Актуальность. Мидия *Mytilus edulis* L. - один из наиболее массовых видов двустворчатых моллюсков Баренцева моря. Мидия занимает доминирующее положение в прибрежных экосистемах, где эти организмы преобладают по биомассе и плотности над остальными представителями обитающей здесь фауны, определяя структурные и функциональные особенности. Они обычно встречаются повсеместно на литорали, однако разнообразные и меняющиеся гидрологические условия, а также разнообразие грунтов в прибрежной зоне приводят к высокой мозаичности распределения моллюсков.

Мидии как организмы-фильтраторы принимают активное участие в процессах биотической трансформации вещества и энергии в морской среде, а также в накоплении в тканях радионуклидов и тяжелых металлов, поэтому их можно использовать в качестве биоиндикаторов загрязненных морских вод.

Высокая встречаемость, доступность сбора, высокая скорость роста, простота выращивания и вкусовые качества мяса сделали мидий объектом промысла, а затем и культивирования во многих странах (Кулаковский, 2000). Являясь фильтраторами, они имеют короткие пищевые цепи и способны производить на единицу массы своего тела большее количество белка, чем представители других видов более высокого трофического уровня (Ryther, Bardach, 1968).

Мидия является перспективным объектом культивирования в прибрежной зоне Баренцева моря. Наличие незамерзающих губ и заливов на побережье Мурмана, высокая продуктивность прибрежных экосистем и разработанные технологии культивирования мидий создают достаточно высокий потенциал развития аквакультуры моллюсков в Мурманской области.

Повышенный интерес к марикультуре мидий связан также с возможностью их использования в качестве биофильтров в акваториях, которые подвержены антропогенному загрязнению. Выращивание мидии положительно сказывается на режиме и биоте, прилежащих к хозяйству акваторий моря, а также способствует снижению загрязнения воды токсикантами и микроорганизмами. В связи с этим культивирование мидий можно рассматривать в качестве мероприятия по охране окружающей среды и сохранения естественного видового разнообразия в прибрежных экосистемах.

Решение задач, касающихся промысла и выращивания мидий, их эффективного использования, создание зон биофильтров и экологического мониторинга в значительной степени зависит от знания особенностей роста и возрастной структуры поселений этих моллюсков в естественных условиях Мурманского побережья Баренцева моря. Экономическая выгода

марикультуры мидий и возможность решения ряда экологических проблем должны привести к тому, что на современном этапе мидиевые хозяйства будут создаваться на Мурманском побережье Баренцева моря.

Цель и задачи работы. Целью данной работы является изучение закономерностей роста и распределения мидий в экосистемах Мурманского побережья Баренцева моря.

В соответствии с этой целью были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать пространственное распределение и оценить обилие моллюсков в районах исследования.
2. Сравнить размерно-весовую и возрастную структуру поселений мидий.
3. Установить показатели линейного роста мидий в исследуемых экосистемах.
4. Провести сравнительный анализ характеристик роста мидий в различных районах.

Научная новизна. Получена современная информация (2006-2010 гг.) о состоянии поселений мидий в экосистемах на Мурманском побережье Баренцева моря. Проанализированы особенности пространственного распределения, размерно-возрастной структуры поселений мидий, характера роста и определены ресурсы литоральных поселений.

Практическое значение. Итоги исследований могут быть использованы для составления рекомендаций по устойчивой эксплуатации ресурсов мидий прибрежной зоны Баренцева моря. Получены количественные характеристики роста мидий, которые являются основой для оценки их продукционного потенциала, а также могут использоваться в системах экологического мониторинга. Сведения о морфологических параметрах мидий, распределении, литоральных ресурсах и возрастной структуре поселений мидий необходимы для выбора акваторий, наиболее благоприятных для культивирования моллюсков, а также для организации рационального промысла и планирования мероприятий по сохранению ресурсов. Результаты исследования могут быть использованы в целях мониторинга прибрежных экосистем, аквакультуры, а также в курсах лекций и практических занятий по зоологии и биогеографии в ВУЗах.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы представляли на международной научно-технической конференции «Наука и образование» (г. Мурманск, МГТУ, 2006-2011); XXVIII и XXIX конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института КНЦ РАН (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, 2010, 2011), XI Всероссийской конференции «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря» (г. С.-Петербург, ЗИН РАН, 2010); научный семинар «Чтения памяти К.М. Дерюгина» (г. С.-Петербург, СПбГУ, 2009, 2010).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ, в том числе 2 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы. Рукопись содержит 113 страниц текста, 29 рисунков и 4 таблицы. Список литературы включает 190 источников, в том числе 68 - на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **Введении** обосновывается актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, приводятся сведения о научной новизне и практической значимости полученных результатов.

Глава 1. Биоэкологическая характеристика мидий

На основании литературных источников обсуждаются представления о пространственной организации поселений *Mytilus edulis* в экосистемах Баренцева моря. Рассматриваются биологические и экологические особенности этих животных, как доминирующего компонента сообществ литорали.

Глава 2. Материалы и методы

Материал был собран в 12 бухтах Мурманского побережья Баренцева моря в летний период 2006-2010 гг. Работа выполнена на кафедре биологии Мурманского государственного технического университета и на базе Дальнезеленецкой биологической станции Мурманского морского биологического института КНЦ РАН.

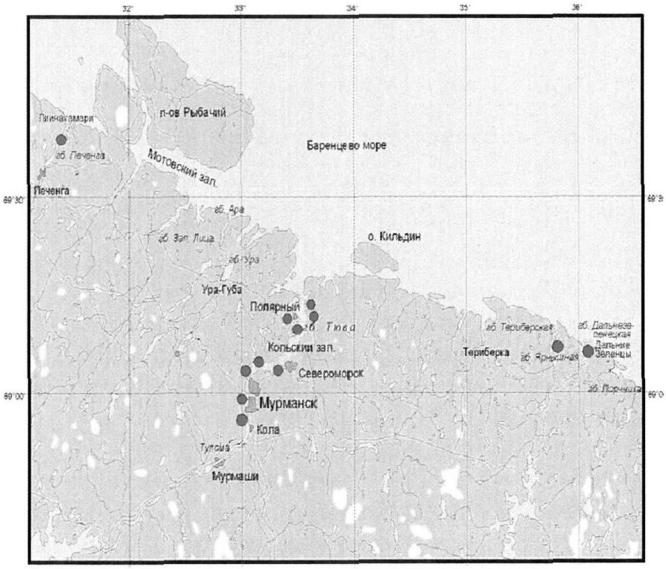

Рис.1. Район исследования.

В исследуемых районах на литорали вдоль заливов (или бухт) закладывали по 3 пробных площадки – в куту, середине и в устье. Обилие моллюсков на разрезах оценивали сериями из 3-х количественных проб площадью 10x10 см^2, равномерно распределенных по ширине, населенной мидиями зоны литорали.

Описание пространственного распределения особей проводили на всех исследуемых участках, но модельными явились 2 участка литорали – губа Тюва (Кольский залив) и губа Ярнышная (Восточный Мурман). В губе Тюва наблюдения проводили в 2006, 2007, 2009 и 2010 гг., в губе Ярнышная – в 2006, 2007 и 2009 гг.

При описании структуры поселений мидий отобрано 250 проб и исследовано более 10000 моллюсков.

Видовой состав и показатели обилия (численность и биомасса) макрозообентоса в сообществах мидий изучали в Кольском заливе (кутовой, средней и устьевой части). На каждом участке отобрано по 3 пробы на нижнем, среднем и верхнем горизонте литорали. Всего было проанализировано 27 проб.

Структуру сообществ оценивали индексом доминирования Симпсона:

$$S_n = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$$

Разнообразие определяли на единицу площади индексом Маргалефа:

$$M = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

Экологическое разнообразие оценивали индексом Шеннона:

$$H = \sum_{i}^{n} \left[\left(\frac{N_i}{N} \right) \cdot \log_2 \left(\frac{N_i}{N} \right) \right]$$

где S - число видов на станции, N – общая численность, Ni – численность вида.

При оценке ресурсов были закартированы границы исследованных участков для расчета площади. Путем перемножения средней биомассы на площадь литорали оценивали ресурсы. Помимо этого рассчитывали долю промысловых моллюсков (от 3 см) в выборке.

При помощи штангенциркуля измеряли длину (L), высоту (H) и толщину (B) раковины. Все измерения длин проводили с точностью до 0,1 мм.

Затем, взвесив целого моллюска, аккуратно раскрывали раковину, для чего вставляли между створками тонкий нож и разрезали мускул-замыкатель. Из открытой раковины извлекали тело моллюска. По разности между массой

целого моллюска и суммой массы мяса и створок раковины находили массу заключенной в раковине жидкости (полостная жидкость). Вскрывали всех моллюсков крупнее 1 см. При обработке результатов высчитывали отношение найденной массы отдельных частей тела и органов беспозвоночного к общей массе целого беспозвоночного в процентах (Методические рекомендации ..., 1981).

Возраст определяли путем подсчета колец зимней остановки роста на раковинах.

Индивидуальный рост моллюсков реконструировали путем измерения расстояний между макушкой раковины и всеми кольцами зимней остановки роста («размеры колец»), групповой рост – путем усреднения данных по размерам одноименных колец между всеми моллюсками в пробах. Скорость роста особей *Mytilus edulis* оценивали с использованием аппроксимации кривых роста по уравнению Берталанфи. Сравнение кривых роста проводили по остаточным дисперсиям с помощью критерия Фишера. Мера расстояния - отношение F/Fкр. (Максимович, 1989).

Линейный рост описывали уравнением Берталанфи: $L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t0)})$, где L_t - длина раковины моллюска в возрасте t, мм; L_∞, k и t_0 – коэффициенты уравнения.

Проводили статистический анализ всех измеряемых параметров методами описательной статистики (вычисление средних величин с показателями точности определения средней и показателями вариации) при 95%-ном уровне значимости. В тексте работы для измеряемых параметров указываются значения среднего арифметического и стандартная ошибка. Все расчеты проводили с помощью программного пакета MS Excel 2003. Использовали также программный пакет GraphPad Prism 4.0 (GraphPad Software, Inc., 2003) и макрос KlastAnalis_alfa (автор Иванова Т.С., персональное сообщение).

Глава 3. Характеристика районов исследования

Рассматривается физико-географическая характеристика и гидрологические особенности районов исследования - губа Печенга (Западный Мурман), Кольский залив и губа Ярнышная и губа Дальнезеленецкая (Восточный Мурман)

Глава 4. Результаты и обсуждение

На Мурманском побережье мидии обычно встречаются на литорали повсеместно. Однако, как показали наши исследования, распределены крайне неравномерно, не образуют четко выраженного пояса и в большинстве районов не заселяют верхний горизонт. Поселения мидии занимают участки от 0,5 до 2,5 м над нулем глубин, с соленостью от 5 до 34 ‰. Мидии предпочитают каменистые и скальные грунты, но обитают и на песчаных участках дна при наличии небольших камней или гальки. Наиболее плотные скопления отмечены на литорали в поясе фукусовых водорослей.

4.1. Структура поселений *Mytilus edulis* Мурманского побережья Баренцева моря

4.1.1. Размерно-весовая структура поселений

Исследована размерно-весовая структура поселений мидии в Кольском заливе, в губах Западного и Восточного Мурмана.

В Кольском заливе прослеживается тенденция увеличения размеров и массы мидий от южного (кут) к северному колену (устье) (рис. 2, рис. 3). Наиболее крупные моллюски с длиной раковины 3,4±0,66 см и массой 6,5±0,81 г обнаружены на мысе Ретинский (северное колено). В кутовой части залива средняя длина мидий колеблется от 1,41 до 1,98 см, масса - от 1,07 до 1,23 г. Различия связаны с возрастанием солености к устью залива, а также с повышением гидродинамики и снижением антропогенной нагрузки со стороны населенных пунктов, расположенных на побережье.

В куту возможна любая степень опреснения в зависимости от сочетания стока, приливных и сгонно-нагонных явлений. В южном колене залива сохраняются достаточно высокие значения интенсивности движения воды, обусловленные реками, впадающими в залив, в среднем колене наблюдается снижение интенсивности движения воды, а в северном колене она вновь увеличивается.

Кольский залив считается загрязненным районом, его воды подвергаются значительной антропогенной нагрузке. Во всех районах залива к числу массовых загрязнителей относится нефть и нефтепродукты. По уровню аккумуляции нефтепродуктов донные отложения Кольского залива относятся к числу сильно загрязненных, в устьевой части залива - как средне загрязненные. Главными источниками загрязнения в кутовой части залива являются коммунальное хозяйство, рыбный и торговый порты, военно-морские базы, в связи с чем данный район характеризуется наибольшей степенью загрязнения по сравнению с остальными участками. Исследования сублиторальных и литоральных сообществ в Кольском заливе свидетельствуют о критическом состоянии биоты в донных сообществах в южной части залива (Фролова, 1991; Фролова и др., 2001).

Наибольшими размерами и массой (из всех исследованных районов) обладают моллюски, собранные в губе Печенга (Западный Мурман), средняя длина моллюска 4,32±0,21 см, средняя масса 6,84±0,89 г. Размер моллюсков в губах Восточного Мурмана меньше почти в 2 раза, а масса моллюсков - в 3 раза по сравнению с поселениями на Западном Мурмане. Как показали наши исследования в губах Восточного Мурмана (2009 г.), средний размер и масса мидий из губы Ярнышная составляют 2,28±0,18 см и 1,42±0,24 г, в губе Дальнезеленецкая средний размер – 2,43±0,1 см, а масса – 1,19±0,17 г.

У берегов Западного Мурмана температура в среднем на 1-3°С теплее (Матишов и др., 1997), чем у восточной части побережья, что создает условия,

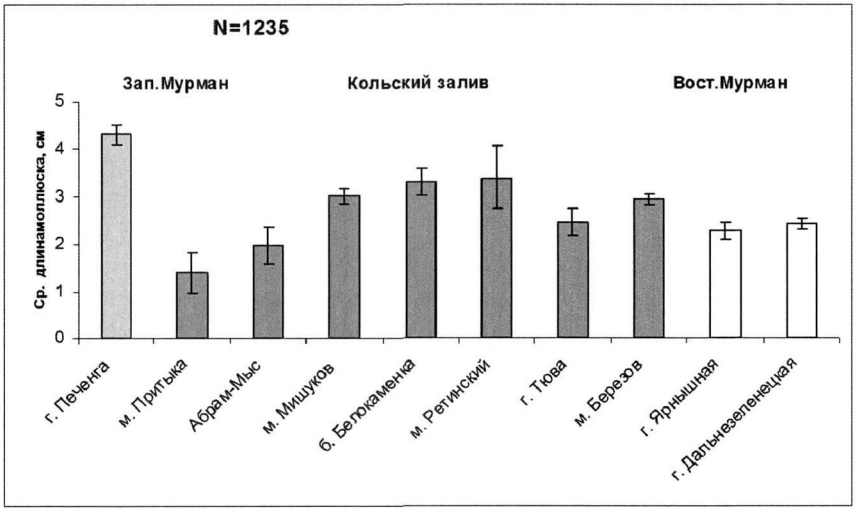

Рис. 2. Средняя длина раковины мидии в исследуемых районах.

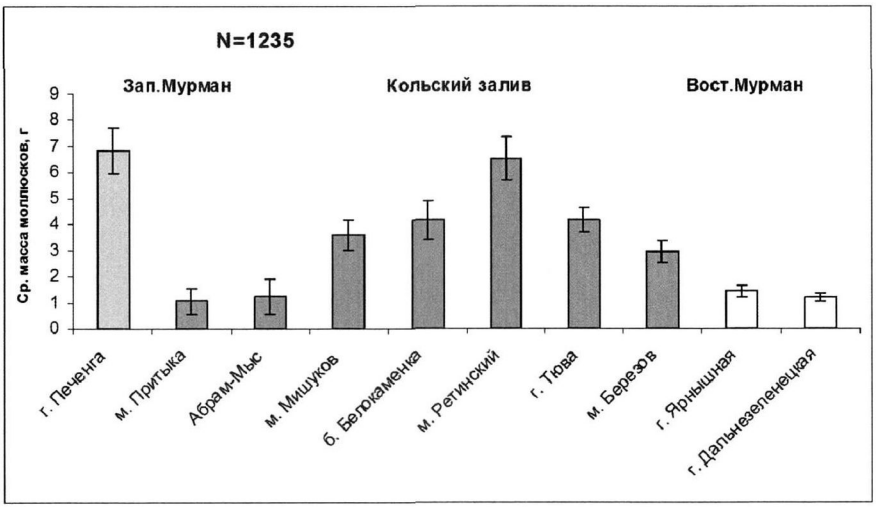

Рис. 3. Средняя масса мидии в исследуемых районах.

благоприятные для развития поселений мидий по сравнению с другими районами исследования. Существует гипотеза, что в прибрежной зоне Мурмана низкие температуры неблагоприятно влияют на нерест и личиночные стадии развития мидий (Агарова, 1979; Антипова и др., 1984).

Следует отметить тот факт, что значения размерно-весовых параметров мидий из губ Ярнышная и Дальнезеленецкая (Восточный Мурман)

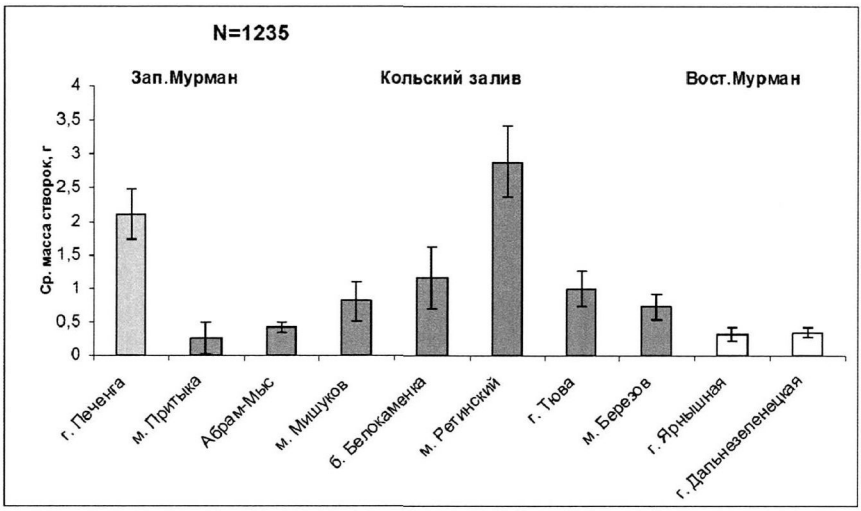

Рис.4. Средняя масса створок мидии в исследуемых районах.

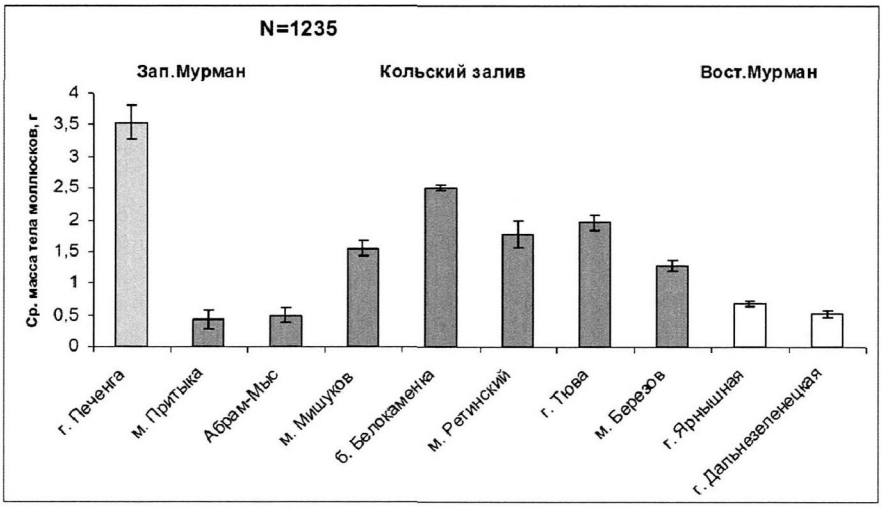

Рис. 5. Средняя масса тела моллюсков в исследуемых районах.

сопоставимы со значениями из кутовой части Кольского залива, которая подвержена значительной антропогенной нагрузке, но уступают мидиям с других участков залива.

Снижение показателей обилия прибрежных поселений мидий на Мурмане в конце 1960-х - начале 1970-х годов связывают с понижением температуры воды Баренцева моря, что свидетельствует о нестабильности

популяций мидий на Мурмане (Романова и др., 1982). Отмечаемый нами факт, что по размерно-весовым параметрам мидии из относительно экологически чистых районов Восточного Мурмана сопоставимы с мидиями из кутовой части Кольского залива, может быть связан с тем, что поселения моллюсков не восстановились после зарегистрированного понижения температуры водных масс.

Одним из критериев оценки роста мидий в разных условиях является доля массы мягких тканей в общей массе мидии. Масса тела и масса створок (как и масса целого моллюска) возрастает от южного к северному колену Кольского залива (рис. 4, рис. 5). Обращает на себя внимание тот факт, что по массе тела моллюски с мыса Ретинский (северное колено Кольского залива) превосходят остальных мидий из изученных районов. По массе створок доминируют моллюски из губы Печенга (Западный Мурмана). По массе тела и массе створок моллюски Западного Мурмана существенно превосходят мидий Восточного Мурмана.

Таким образом, в исследуемых районах (восточное и западное побережье, Кольский залив) относительная масса сырых мягких тканей у мидий колебалась в пределах от 22,2 % до 33,8 % общей прижизненной массы. Наибольший показатель выхода мягких частей тела характерен для моллюсков из губы Печенга (Западный Мурман), а наименьший - для южного колена Кольского залива. По данным показателям мидии восточного побережья уступают мидиям с западного побережья.

Согласно нашим наблюдениям доля раковины находится в пределах от 39,5% до 50%, наибольшие показатели характерны для губы Печенга (Западный Мурман). Для мидий в изученных экосистемах наблюдали следующее соотношение - значение массы раковины больше массы сырых тканей в 1,5-2 раза.

Исследования распределения размерно-весовых параметров моллюсков по горизонтам во всех районах показали, что их значения возрастают от верхнего горизонта литорали к нижнему. Наиболее крупные моллюски населяют нижний горизонт литорали. В нижнем горизонте имеет место повышенный водообмен, обусловленный приливно-отливными течениями, который обеспечивает моллюсков пищей и способствует процессам самоочищения. Исключение составляет устье губы Ярнышная, где из-за высокой степени прибойности наблюдается инверсия – наиболее крупные моллюски обитают на верхнем горизонте.

На примере двух модельных участков – губа Тюва (северное колено Кольского залива) и губа Ярнышная (Восточный Мурман) подробно рассмотрена размерно-весовая структура поселений мидий на протяжении нескольких лет (2006, 2007 и 2009 гг.).

В губе Тюва мидии встречаются повсеместно на литорали, но не заселяют верхний горизонт. По размерно-весовым показателям мидии

кутовой части превосходят мидий из остальных исследуемых участков губы, поскольку в кут впадает река Тюва и множество ручьев, которые способствуют поступлению питательных веществ. Наиболее крупные моллюски обитают на нижнем горизонте литорали. Наибольшие размеры раковины моллюсков и массы мидий, как и других изученных параметров, зафиксированы в 2007 году (рис. 6). После 2007 года прослеживается уменьшение параметров моллюсков.

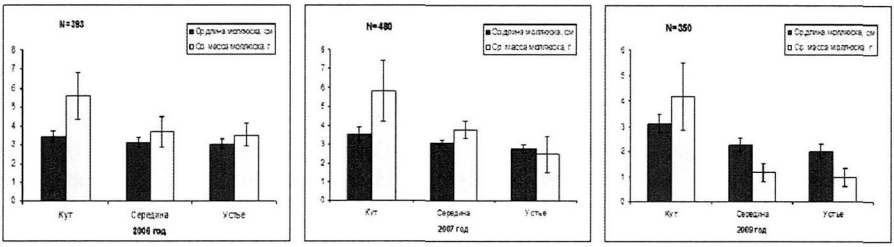

Рис. 6. Средние значения длины раковины и массы мидий губы Тюва.

При исследовании поселений мидий губы Ярнышная (Восточный Мурман) показана такая же тенденция увеличения размерно-весовых показателей моллюсков в направлении от устья губы к кутовой части и от верхнего горизонта к нижнему, как и в губе Тюва. Однако мидии здесь заселяют и верхний горизонт литорали, в отличие от губы Тюва.

В губе Ярнышная в 2006 и 2007 годах мидии в средней части губы нами не встречены, и только в 2009 году на нижнем горизонте была обнаружена недавно осевшая молодь. До этого в данном районе можно было найти только ракушечник мидии. Это можно связать с прессом морских звезд *Asterias rubens*, поскольку было обнаружено большое количество морских звезд, оставшихся во время отлива под фукусовыми водорослями и во влажных расщелинах между камнями.

Сравнительные исследования в 2006, 2007 и 2009 гг. в губе Ярнышная выявили, что максимальные значения размеров раковины и массы мидий характерны для 2007 года, затем наблюдается уменьшение размерно-весовых показателей, что отмечено и для губы Тюва (рис.7). Тенденция уменьшения размеров и массы моллюсков, отмечаемая в изученных районах, возможно, вызвана понижением температуры воды Баренцева моря, которое регистрируется, начиная с 2007 года (www.pinro.ru).

Мидии были обнаружены не во всех изученных нами районах. Они не встречаются на литорали губ Грязная (среднее колено Кольского залива) и Пала (северное колено Кольского залива), хотя данные биотопы являются подходящими для обитания мидий. Из моллюсков на литорали губы Грязная наиболее распространёнными являются моллюски *Littorina saxatillis* и *Littorina*

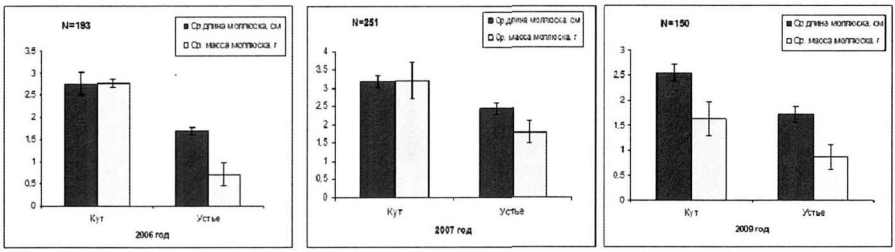

Рис. 7. Средние значения длины раковины и массы мидий губы Ярнышная.

obtusata, и *Macoma balthica,* поскольку наряду с типично валунной литоралью встречаются обширные илисто-песчаные пляжи.

Литораль губы Пала представляет собой обширную илисто-песчаную отмель. Поскольку здесь подходящий гранулометрический состав грунта, создаются благоприятные условия для интенсивного заселения моллюсками *Mya arenaria.* Плотность поселения *Mya arenaria* на данном участке составляет 14±1,5 экз./м^2 при биомассе 719,3±160,3 г/м^2. Средняя длина мии - 6,82±0,2 см, а масса – 50,2 ± 0,9 г. Возможно в данном районе произошло вытеснение мидий. Известно, что при интенсивном заилении мидии покрываются слоем клейких гниющих илистых отложений, которые не смываются приливно-отливной волной, что в свою очередь может привести к гибели мидиевых поселений. Одновременно с уменьшением поселения мидии данный битоп интенсивно заселяет мия.

4.1.2. Возрастная структура поселений

Для всех исследованных нами районов характерно преобладание особей младших возрастных групп (до 3 лет). В большинстве поселений ядро составляют осевшие особи и моллюски годовики (рис. 8).

В устье Кольского залива (мыс Ретинский) наблюдается максимальная продолжительность жизни моллюсков по сравнению с другими поселениями. Характерно присутствие большого числа моллюсков старших возрастных групп (5, 6, 7, 8 и 9 лет) (рис. 8). В направлении от устья к куту залива наблюдается сокращение возрастных групп моллюсков. В кутовой части залива преобладают возрастные группы мидий младше 4 лет (Абрам-мыс, мыс Притыка).

На западном побережье (губа Печенга) обитают моллюски не старше 8 лет, возрастная структура сходна с таковой в поселении мидий в устье Кольского залива. В губах Дальнезеленецкая и Ярнышная (восточное побережье) доминируют мидии младших возрастных групп до 4 лет, как и в кутовой части Кольского залива.

Средний возраст мидий (определяемый как средневзвешенное численности каждого возрастного класса в поселении) за исследуемый период в поселениях Кольского залива варьирует от 1,5 (мыс Притыка, южное колено)

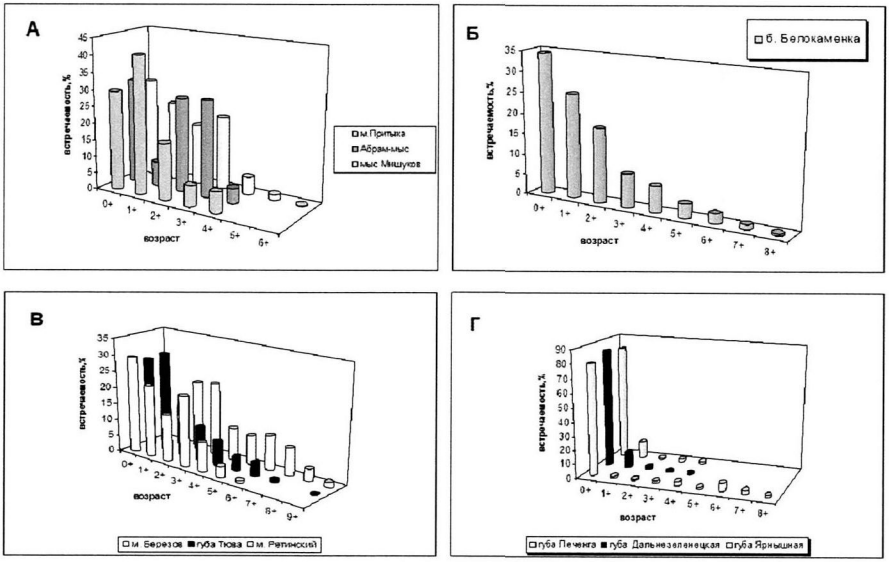

Рис. 8. Возрастная структура поселений мидий в исследуемых районах.
А - южное колено Кольского залива; Б - среднее колено Кольского залива;
В – северное колено Кольского залива;
Г – западное и восточное побережье Мурмана.

до 2,7 (мыс Ретинский, северное колено), в губе Печенга (Западный Мурман) равен 1,8, а на восточном побережье в губе Дальнезеленецкая составляет 1,2 и в губе Ярнышная -1,3 года.

Рассматривая максимальный возраст и длину раковины мидий, необходимо отметить, что наибольшие показатели характерны для мыса Ретинский (Кольский залив): возраст 9 лет, длина раковины 7,2 см. Прослеживается уменьшение данных параметров в направлении от северного к южному колену Кольского залива. Для губы Печенга (Западный Мурман) максимальный возраст мидий составляет 8 лет, длина 6 см. За исследуемый период (2006-2010 гг.) в наших пробах в губах восточного побережья максимальный возраст мидий составляет 4 года при длине раковины от 3,4 (Дальнезеленецкая) до 3,7 см (Ярнышная); данные параметры сопоставимы с кутовой частью Кольского залива.

Для поселений мидий в Кольском заливе прослеживается зависимость возрастной структуры от изменения интенсивности движения воды и солености; в поселениях мидий Восточного и Западного Мурмана такой четкой связи не выявлено. Поэтому на первый план выдвигается влияние температуры воды. Примечательно, что в результате экспертной оценки списка факторов, способных влиять на рост мидий, температура воды

по своей значимости была поставлена на первое место (Иванов и др., 1989).

Проводимые в течение 2006, 2007 и 2009 гг. наблюдения за возрастной структурой поселений мидий в губе Тюва (северное колено Кольского залива) показали ее сходство на протяжении ряда лет. Характерно преобладание моллюсков в возрасте до 4 лет и невысокая численность моллюсков старших (старше 5 лет) возрастных групп. Доминирование мидий в возрасте 1 и 2 года говорит о массовом оседании молоди на всех участках губы. С 2007 года происходит снижение количества недавно осевших моллюсков, отмечено сокращение встречаемости моллюсков старше 5 лет. Сходные тенденции в изменении возрастной структуры констатировали и для губы Ярнышная (Восточный Мурман) в период с 2006 по 2009 гг. Возможно, это связано, как говорилось ранее, с понижением температуры воды в Баренцевом море, что неблагоприятно сказывается на репродуктивных и ростовых процессах мидий.

Доминирование мидий возраста 1, 2 и 3 лет в исследуемых районах может быть связано как с ежегодным интенсивным оседанием молоди, так и с их относительно меньшей элиминацией. Это может быть вызвано и наличием высокой концентрации пищи. Наши данные говорят о том, что в поселениях мидии в Кольском заливе увеличивается скорость роста особей, это приводит к более раннему достижению ими половой зрелости при сравнительно небольших размерах. В связи с этим моллюски раньше приступают к размножению для продуцирования как можно большего числа потомков в самые короткие сроки. Из литературы известно, что более раннее достижение половой фазы приводит к увеличению численности личинок мидий в планктоне и повышает шансы популяции поддерживать свою численность на необходимом уровне (Кудинский, Мартынова, Столетова, 1985; Александров, 1989).

Количественное преобладание младших возрастных групп – сеголеток и годовиков, снижает показатель среднего возраста, что может свидетельствовать об «омоложении» поселений мидий Восточного Мурмана. Повышение этого показателя указывает на снижение относительной численности младших возрастных групп и к «старению», что характерно для поселений устьевой части Кольского залива.

4.1.3. Показатели обилия литоральных мидий

Мидии на литорали Кольского залива по нашим наблюдениям заселяют средний и нижний горизонт, редко встречаются на верхнем. Мидиевые банки обнаружены в губе Тюва (северное колено Кольского залива), Печенга (Западный Мурман) и Ярнышная (Восточный Мурман).

Можно проследить увеличение значений плотности и биомассы поселений мидий в направлении от южной к северной части Кольского залива (рис.9). Наибольшей биомассой (17807±4753,3 г/м^2) обладает поселение мидии на мысе Ретинский (северное колено Кольского залива) при плотности

9150±1851,1 экз./м². Связано это с возрастанием солености к устью залива, а также с повышенной гидродинамикой и снижением антропогенной нагрузки со стороны населенных пунктов, расположенных на побережье.

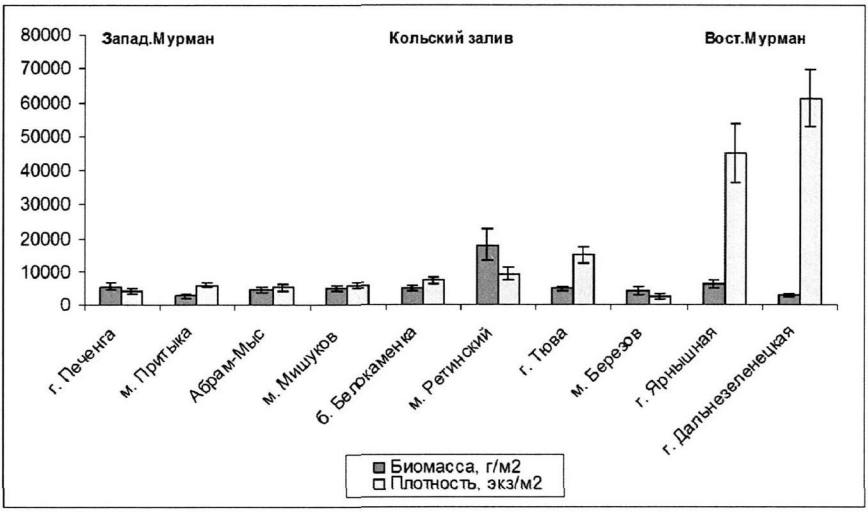

Рис. 9. Показатели обилия поселений мидий в исследуемых районах.

Наибольшей плотностью - 61166,6±8935,23 экз./м² обладает поселение губы Дальнезеленецкой (Восточный Мурман) при биомассе – 2934,4±462,8 г/м². Высокая плотность в губах Восточного побережья обеспечена недавно осевшей молодью. В губе Печенга (Западный Мурман) отмечены достаточно высокие показатели обилия: плотность - 4184,81±966,7 экз./м² , а биомасса – 5485,8 ± 1037,5 г/м².

На всех участках значения плотности и биомассы мидий возрастают от верхних горизонтов к нижним, кроме устья губы Ярнышная. Высокая плотность мидий в нижнем горизонте связана с каменистым типом литорали, что обуславливает большую площадь поверхности для прикрепления моллюсков, а также с повышенным водообменом.

Необходимо отметить, что в губе Ярнышная (Восточный Мурман) в средней части была обнаружена молодь мидий лишь в 2009 году, на нижнем горизонте общая плотность поселения составляла 77000±9733,6 экз./м², при биомассе 2767±673,4 г/м².

На модельных участках, где исследования проводились с 2006 по 2010 гг., наибольшая биомасса поселений моллюсков отмечена в 2007 году, в губе Тюва (северное колено Кольского залива) она составила 4583,9±823,7 г/м² и в губе Ярнышная (Восточный Мурман) – 3918,4±321,6 г/м², затем происходит

постепенное снижение биомассы (рис. 10).

Наивысшие значения плотности в изучаемый период характерны для 2009 года, в губе Тюва – 4516,6±450,5 экз./м², а в губе Ярнышная – 45365,1

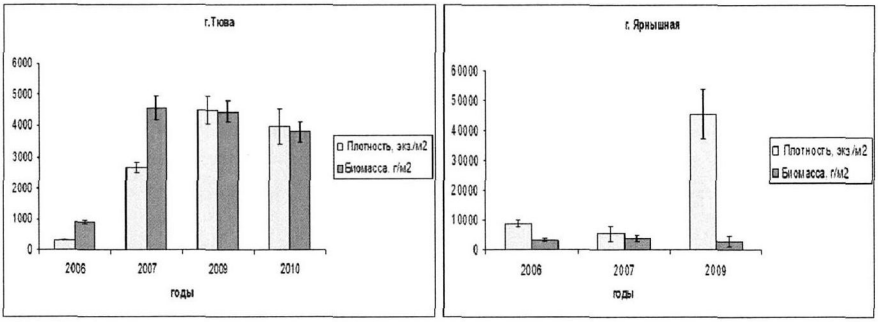

Рис. 10. Показатели обилия поселений мидий в губах Тюва и Ярнышная.

± 8275,5 экз./м². Такие высокие показатели плотности связаны с оседанием молоди, о чем говорят данные о возрастной структуре поселений.

Изменения показателей обилия на наблюдаемых участках можно связать также с циклической динамикой, свойственной всем мидиевым поселениям, зависящей как от внешних (температура, соленость, пища, субстрат), так и от совокупности внешних и внутренних факторов, определяемых самими поселениями моллюсков (Кулаковский, 2000).

По мнению Н.В. Максимовича (1986), прогрев поверхностного слоя вод (10 °С – оптимальная температура для массового нереста мидий) на Восточном Мурмане бывает не каждый год даже в районах прогреваемых мелководий. Поэтому нерест мидий в этих районах может проходить не ежегодно или проходит не во всех поселениях, а только на хорошо прогреваемых участках осушной зоны. Это сказывается на стабильности пополнения поселений и является, очевидно, одной из причин долгопериодичных колебаний обилия мидий.

4.2. Гетерогенность поселений *Mytilus edulis* по скорости роста

Проведенные нами исследования показали, что основные характеристики линейного роста мидий в различных районах побережья Баренцева моря весьма изменчивы.

Рассматривая годовые приросты раковины, можно отметить, что литоральные поселения гетерогенны по скорости роста моллюсков. С повышением интенсивности движения воды и солености от южного колена к устью Кольского залива увеличиваются не только скорость роста, но и дефинитивные размеры. В представленной работе направление изменчивости показателей роста мидии рассматривается как реакция их поселений на воздействие неблагоприятных факторов среды.

Для всех исследованных поселений мидий проанализирован линейный рост раковины, описанный уравнением Берталанфи. На модельном участке в северном колене Кольского залива (губа Тюва) уравнение имеет следующий вид (рис.11):

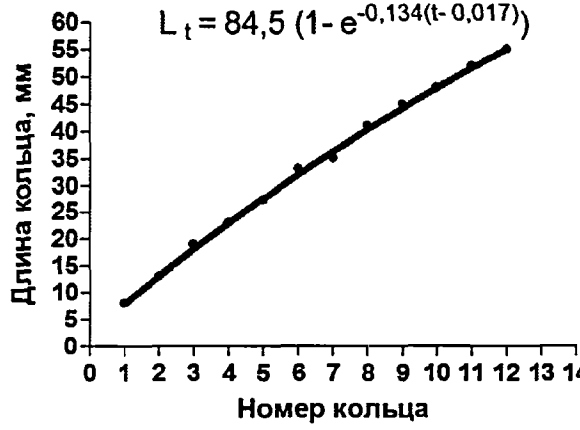

Рис.11. Линейный рост мидий в губе Тюва.

Коэффициент ***k*** уравнения роста Берталанфи, характеризующий возрастные уменьшения скорости роста длины раковины, рассчитанный для мидий из Кольского залива, меняется от 0,068 (Абрам-мыс - южное колено) до 0,169 (мыс Березов – северное колен). Максимальные значения этого показателя свойственны обитателям устьевой части Кольского залива (мыс Ретинский и мыс Березов), а минимальные - мидиям южной части Кольского залива.

Для Западного Мурмана (губа Печенга) коэффициент ***k*** составляет 0,134. На Восточном Мурмане в губе Дальнезеленецкая коэффициент ***k*** равен 0,108, а для губы Ярнышная - 0,113. Самые низкие значения этого показателя отмечены нами у моллюсков из районов южной части Кольского залива и губ восточного побережья, а самые высокие - у мидий с западного побережья. Значения коэффициента t_0 составляли от 0,012 до 0,529.

По соотношениям коэффициентов L_∞ и ***k*** мидии побережья Баренцева моря можно разделить на две основные группы. Первую наиболее многочисленную группу образуют моллюски восточных районов побережья и Кольского залива. В этой группе общая тенденция межрайонной изменчивости соотношения показателей роста мидий L_t и ***k*** состоит в том, что максимальные значения ***k*** при минимальных L_t наблюдаются у обитателей южной части Кольского залива и восточного побережья. Затем по мере удаления от южного

колена к устью Кольского залива и далее на запад происходит постепенное увеличение коэффициента ***k*** и соответствующее увеличение коэффициента L_∞.

Вторую группу моллюсков с несколько иными соотношениями L_∞ и ***k*** составляют обитатели литорали губы Печенга (Западный Мурман), где в среднем вода на 1°С теплее, чем у восточной части побережья (Матишов и др., 1997). Для мидий из этого района характерны более высокие предельные размеры, чем для моллюсков из других исследуемых районов.

Как известно, рост животных является важнейшим интегральным показателем, по характеру которого можно судить о степени благоприятности окружающей среды для данного вида в конкретном местообитании (Мина, Клевезаль, 1976). Таким образом, изучая особенности роста мидий, можно получить интегральную картину воздействия на этот процесс целого комплекса факторов, определяющих экологическую ситуацию в том или ином районе моря (Варигин, 2002 а).

Районирование Мурманского побережья Баренцева моря по показателям роста мидий проведено нами с помощью кластерного анализа. Этот метод позволяет проанализировать не только районы открытых акваторий моря, но и полузакрытых заливов, с помощью объединения параметров роста мидий по всем изученным станциям в общий массив данных. С помощью кластерного анализа были выделены две большие области побережья моря: первая – Восточный Мурман и Кольский залив, вторая – Западный Мурман (рис. 12).

Мидия может служить надежным модельным объектом, изучение особенностей роста которого позволяет проследить изменчивость факторов среды как во времени, так и в пространстве. Мидия часто используется в системах экологического мониторинга морской среды. Обычно только в качестве индикатора содержания в воде токсических веществ. Наши исследования показали, что по характеру роста мидий в том или ином районе моря можно судить о комплексном воздействии на этот процесс целого ряда факторов. Эти подходы позволяют решать проблемы контроля качества морских вод с помощью модельных животных.

Рассматривая темпы роста мидий на литорали в различных биотопах, отмечено, что максимальный темп роста характерен для моллюсков из нижнего горизонта, а самый медленный рост – у особей верхнего горизонта. Такая закономерность отмечается и многими авторами для мидий естественных поселений (Савилов, 1953; Briggs, 1982; Seed, 1979; Кулаковский, 2000).

Характер линейного роста литоральных мидий в условиях Баренцева моря сходен с таковыми у мидий из Белого моря (Кулаковский, 2000), южного побережья Великобритании (Bayne, Worrall, 1980), балтийского побережья Швеции (Kautsky, 1982), атлантического побережья Канады (Thompson, 1984).

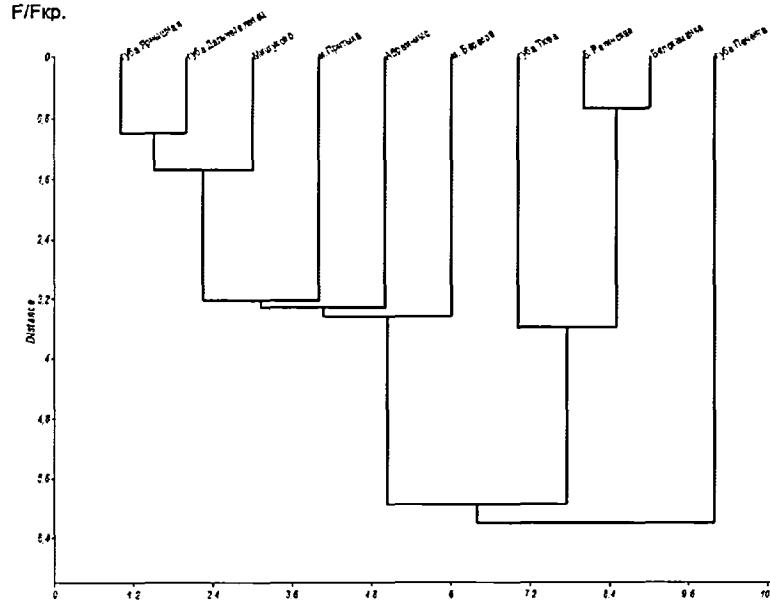

Рис.12. Дендрограмма сходства кривых роста мидий исследуемых районов.

Однако темп роста у мидий из Баренцева моря ниже, чем у мидий из более южных районов ареала.

4.3. Роль мидий в бентосных сообществах побережья Кольского залива

В прибрежных водах Баренцева моря мидия широко распространена и является руководящей формой в биоценозах литорали и верхней сублиторали. Моллюски формируют сообщества достаточно специфичного состава (Woodin, 1976; Commito, 1987; Commito, Boncavage, 1989; Dittman, 1990; Crooks, Khim, 1998; Хайтов и др., 2002, Duarte et al., 2006).

Исследования видового состава зообентоса в сообществах мидий Кольского залива показали, что наибольшее количество видов характерно для северного колена Кольского залива (14). В среднем и южном колене залива обнаружено 10 видов. Массовыми видами в ценозах являются: в южном колене - литорины, *Macoma balthica* и гаммариды, в средней части залива – моллюски *Macoma balthica, Littorina saxatilis, L.obtusata*, в устье — доминируют мидии и олигохеты. На литорали в устье в отличие от других участков встречаются *Idotea balthica, Acmaea testudinalis, Jaera marina* и планарии.

По мере продвижения к устью залива с увеличением солености и, соответственно, с формированием более благоприятных условий для морских организмов, увеличивается плотность и биомасса сообществ бентоса (рис. 13). Такая же тенденция показателей обилия характерна и для мидий.

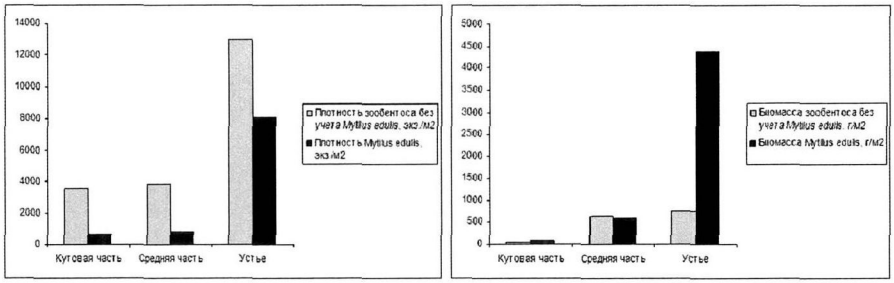

Рис. 13. Плотность и биомасса бентосных организмов на литорали Кольского залива.

На сообщества бентоса в южном колене залива большое влияние оказывает низкая соленость (5-10 ‰) и низкая интенсивность движения воды, а также характер грунта (илисто-песчаная литораль); здесь литораль населяют преимущественно организмы-детритофаги (олигохеты и гаммариды).

Устье характеризуется наибольшей биомассой зообентосных сообществ и большим разнообразием видового состава, что связано с характером грунта: сочетание илисто-песчаных и каменистых участков приводит к созданию большего разнообразия мест обитания для животных с различным типом питания (Афончева, Малавенда, Кравец, 2010).

Индекс Маргалефа на станциях варьирует от 0,9 (южное колено залива) до 1,47 в устье, что совпадает с изменением количества видов на данных участках. Экологическое разнообразие возрастает в том же направлении - до 2,58 бит/особь в устье Кольского залива. Индекс Симпсона на исследуемых участках изменяется от 0,19 (кутовая часть) до 0,32 в устье (рис. 14).

В северном колене залива мидии занимают главенствующее место и формируют поселения с высокой плотностью (рис. 13). Происходит вытеснение представителей инфаунных моллюсков, таких как *Macoma balthica*. Мидиевые друзы являются укрытием для олигохет, ракообразных и формируют субстрат для прикрепления балянусов. Животные интенсивно заселяют скопления мидий, поскольку важной чертой плотных поселений двустворчатых моллюсков является высокий темп осадконакопления, оказывающий значительное влияние на сообщество.

Установлено, что при увеличении показателей обилия мидий число видов в зооценозе, как правило, возрастает. Так, в разреженных поселениях мидий присутствует 10 видов беспозвоночных, тогда как в зооценозе с наибольшей биомассой и плотностью мидий, общее количество видов макрозообентоса возрастает до 14.

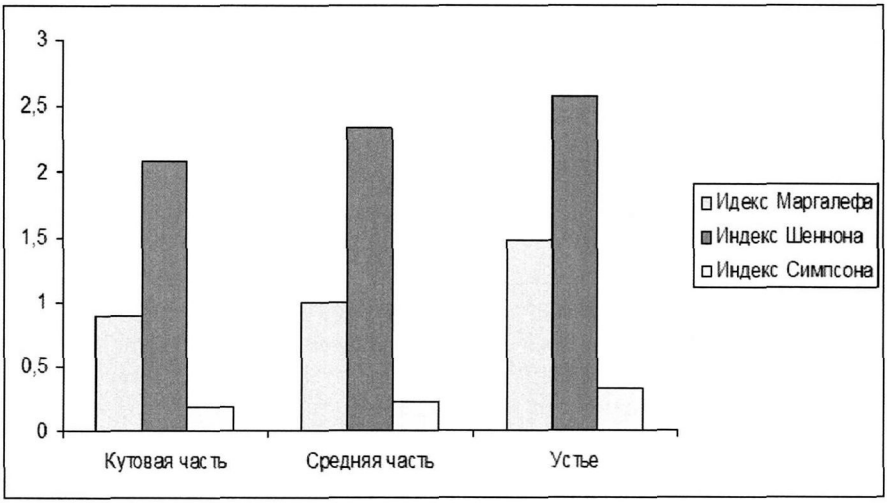

Рис.14. Индексы Маргалефа, Шенона и Симпсона бентосных сообществ литорали Кольского залива.

4.4. Ресурсы литоральных мидий Баренцевоморского побережья Кольского полуострова

Оценка ресурсов мидий на Мурманском побережье Баренцева моря проводилась с 50-х годов. По данным В.В. Кузнецова и Т.А. Матвеевой (1948) моллюски образует на скальном грунте литорали протяженные поселения с биомассой до 28820 г/м² при численности 70980 экз./м². По данным этих авторов наиболее крупные моллюски имели длину раковины около 50 мм в среднем, максимальная продолжительность их жизни оценена в 12-14 лет.

Наиболее полные данные о количественном распределении баренцевоморских мидий впервые были получены в 1960-1961 гг. во время экспедиций ПИНРО (Романова, 1969). В течение двух лет был обследован обширный район Мурманского побережья. Результаты экспедиций показали, что наиболее плотные (от 10-15 до 30-40 кг/м²) поселения мидий находились на скалистых берегах Западного Мурмана, малодоступных для промысла.

По данным Т.В. Антиповой (1979) похолодание, начавшееся в 60-х годах, вызвало большие изменения в фауне двустворчатых моллюсков Баренцева моря, особенно в прибрежье Мурмана и Норвегии.

В 80-е годы, согласно исследованиям Н.Н. Романовой и др. (1982), биомасса мидий в некоторых губах Западного Мурмана за 20 лет уменьшилась почти в 20 раз, а общее количество мидий уменьшилось почти на два порядка по сравнению с 1960-1961 гг.

Исследования среднемноголетних ресурсов литоральных мидий, населяющих берега Западного и Восточного Мурмана, выполненные в конце

80-х, показали, что величина их запаса составляет около 200 тыс. тонн, при средней биомассе моллюсков 2150 г/м2 (Костылев, Денисенко, 1989).

По данным А.Э. Песова (2008) в прибрежной зоне Кольского полуострова мидии встречались от средней литорали до глубины 25 м. Наиболее плотные скопления отмечены на литорали в поясе фукусовых водорослей и в верхней сублиторали в поясе ламинариевых водорослей. Суммарный запас мидий в прибрежной зоне Кольского полуострова оценен в 2207 тыс. т; из них на литорали – 57 тыс. т, а в сублиторали – 2150 тыс. т, в том числе в районах Западного Мурмана запас составляет около 300 тыс. т (Песов, 2008).

Следует сказать о том, что оценка ресурсов А.Э. Песовым проводилась на фоне возрастания температуры воды Баренцева моря к 2007 году, в связи с чем и были получены такие высокие показатели ресурсов мидии. Для правильного понимания тенденций популяционных изменений нужны регулярные ежегодные наблюдения за формированием поселений мидий и их состоянием.

Суммарный запас мидий на литорали Мурманского побережья оценивается нами в 43 тыс. т. В изученных районах ресурсы мидий составляют 19,6 тыс. т, при этом на долю моллюсков промыслового размера (от 3 см) приходится 35,6% . Наши исследования (2006-2010 гг.) показали, что относительная среднемноголетняя деградация мидиевых поселений значительна, и в целом ситуация мало изменилась за последнее время. Нами отмечено снижение ресурсов литоральных мидий. Поскольку оценка ресурсов проведена после 2007 года, когда температура воды в Баренцевом море идет на понижение, то это объясняет уменьшение ресурсов литоральных мидий в исследуемых районах.

Оценивая общее состояние ресурсов и перспективы промысла мидий, необходимо принять во внимание тот факт, что изъятие мидий в сублиторальной зоне, где моллюск образует самые значительные промысловые скопления, сопровождается существенными финансовыми затратами и потому нерентабельно. Учитывая наши данные, можно констатировать, что вывод о проблематичности промысла мидий в прибрежной зоне Мурмана остается вполне обоснованным, соответствующим современной ситуации. Тогда как вопрос о развитии аквакультуры мидий на Мурмане приобретает всё большую актуальность.

Практические рекомендации:

1. Прибрежье Восточного Мурмана в настоящее время не представляет интереса для развития промысла мидий из-за низкой величины запасов и не развитой инфраструктуры.

2. В первую очередь к освоению рекомендуются поселения мидий Западного Мурмана, потому что в данном районе естественные поселения

мидий находятся в более благоприятных условиях обитания (температура воды, концентрация пищи), влияющих как на скорость роста, так и на выживаемость моллюсков и величину пополнения их поселений.

3. В этих условиях возрастает актуальность развития аквакультуры мидий, тем более что положительные результаты по выращиванию мидий на Мурмане существуют.

ВЫВОДЫ

1. На Мурманском побережье мидии встречаются повсеместно на литорали, однако распределены они крайне неравномерно и не образуют четко выраженного пояса. Наиболее плотные скопления отмечены на нижней литорали.

2. Наибольшие показатели биомассы характерны для поселений в устье Кольского залива, а плотности - для поселений Восточного Мурмана. В экосистемах Кольского залива отмечается увеличение показателей обилия и размерно-весовых параметров мидий с возрастанием значений солености и интенсивности движения воды.

3. Для всех районов исследования характерно преобладание особей младших возрастных групп (0-3 лет); максимальная продолжительность жизни моллюсков (9 лет) наблюдается в устье Кольского залива.

4. От востока к западу Мурманского побережья в связи с повышением температуры воды у мидий увеличивается не только скорость роста, но и дефинитивные размеры.

5. Высокие показатели биомассы поселений мидий в исследуемых районах зафиксированы в 2007 г.; в последующие годы отмечается снижение, возможно, вызванное понижением температуры воды Баренцева моря.

6. Ресурсы литоральных мидий в исследуемых акваториях составляют 19,6 тыс. т, доля моллюсков промыслового размера - 35,6%. При этом суммарный запас мидии на литорали в прибрежье Мурмана оценен в 43 тыс. т.

Автор выражает особую признательность научному руководителю д.б.н., профессору Шошиной Елене Васильевне за руководство и поддержку. Благодарю за помощь и ценные советы в период подготовки диссертации сотрудников кафедры биологии МГТУ: П.Г. Приймака, С.С. Малавенда, В.С. Анохину, а также Н.К. Воробьеву (ПИНРО), В.Ф. Толкачеву (Комитет рыбной промышленности Мурманской области), М.В. Макарова (ММБИ), С.В. Малавенда (ММБИ).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК:

1. Малавенда С.С., Зуев Ю.А., **Кравец П.П.** Бентосные сообщества Кольского залива. Сто лет назад, вчера, сегодня, Завтра? ... // Рыбное хозяйство.- 2008. - № 2. - С.66-68.

2. **Кравец П.П.** Популяционный анализ мидий *Mytilus edulis* L. в экосистемах Баренцева моря // Рыбное хозяйство. - 2011.- № 4. - С. 79-81.

Публикации в других изданиях:

3. **Кравец П.П.** Сравнительный анализ химического состава и морфологии беломорской мидии *Mytilus edulis* L. из естественных и искусственных популяций // [Электронный ресурс] / МГТУ. Электрон. текст дан. (16 Мб), материалы Международной научно-технической конференции «Наука и образование-2006». - Мурманск: Изд-во МГТУ, 2006. - С. 527-531 . (НТЦ "Информрегистр" № 0320501517).

4. **Кравец П.П.**, Толкачева В.Ф .К вопросу развития марикультуры мидии (*Mytilus edulis*) в Северном бассейне // Первая Международная научно-техническая конференция «Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов». - Москва: Изд-во ВНИРО, 2006. – С. 109-111.

5. Кравец П.П. Оценка современного состояния популяции мидий Тюва губы Баренцева моря // [Электронный ресурс] / МГТУ. Электрон. текст дан. (18 Мб), материалы Международной научно-технической конференции «Наука и образование-2007». - Мурманск: Изд-во МГТУ, 2007. - С. 549-551. (НТЦ "Информрегистр" № 0320700491).

6. **Кравец П.П.** Состояние литоральных поселений *Mytilus edulis* L. среднего колена Кольского залива Баренцева моря // [Электронный ресурс] / МГТУ. Электрон. текст дан. (139 Мб), материалы Международной научно-технической конференции «Наука и образование-2009». - Мурманск: Изд-во МГТУ, 2009. - С. 436-437.

7. **Кравец П.П.** Состояние литоральных поселений *Mytilus edulis* L. северного колена Кольского залива // [Электронный ресурс] / МГТУ. Электрон. текст дан. (139 Мб), материалы Международной научно-технической конференции «Наука и образование-2010». - Мурманск: Изд-во МГТУ, 2010. - С. 700-705. (НТЦ "Информрегистр" №0321000362).

8. Шошина Е.В., Малавенда С.С., **Кравец П.П.**, Анохина В.С. Биологическая изменчивость и разнообразие промысловых гидробионтов в прибрежных районах Баренцева моря //[Электронный ресурс] / МГТУ. Электрон. текст дан. (139 Мб), материалы Международной научно-технической конференции «Наука и образование-2010». - Мурманск: Изд-во МГТУ, 2010. - С. 727-731. (НТЦ "Информрегистр" №0321000362).

9. Афончева С.А., Малавенда С.С., **Кравец П.П.** Изменения бентосных литоральных сообществ Кольского залива Баренцева моря в летне-осенний период // Успехи современного естествознания.– 2010. - № 9. - С. 94-95.

10. Афончева С.А., Малавенда С.С., **Кравец П.П.** Исследование бентосных сообществ литорали Кольского залива // Тезисы докладов Международной научной конференции - Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. – С. 21-22.

11. **Кравец П.П.** Исследование литоральных поселений мидий *Mytilus edulis* Linnaeus Терского берега Кандалакшского залива Белого моря // Материалы XI Всероссийской конференции «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря». – Санкт-Петербург: Изд-во ЗИН РАН, 2010. – С. 91-92.

12. **Кравец П.П.** Состояние поселений мидий *Mytilus edulis* L. Кольского залива // Материалы XXIX конференции молодых ученых Мурманского морского биологического института, посвященной 140-летию со дня рождения Г.А. Клюге «Морские исследования экосистем Европейской Арктики». – Мурманск: Изд-во ММБИ КНЦ РАН, 2011. – С. 109-113.

13. Машнин А.А., **Кравец П.П.**, Шошина Е.В. Состояние поселений мидий Кольского залива // Тезисы докладов XII научной сессии МБС СПбГУ.- СПб: Изд-во СПбГУ, 2011. – С. 35-37.

14. **Кравец П.П.**, Машин А.А. Роль мидий в бентосных сообществах побережья Кольского залива // Материалы Международной научной конференции (6-11 июня 2011, Ростов на Дону) «Изучение и освоение морских и наземных экосистем в условиях Аридного и Арктического климата». – Ростов на Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. – С. 274-277.

Кравец Петр Петрович
ПОПУЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОСЕЛЕНИЙ МИДИЙ
MYTILUS EDULIS L. В ЭКОСИСТЕМАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Автореферат диссертации
на соискание учёной степени кандидата биологических наук
Подписано в печать 02.09.2011. Заказ №4-2011.
Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз.

Отпечатано в издательском центре ММБИ КНЦ РАН
г. Мурманск, ул. Владимирская, 17.
Тел. 25-39-81