

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОСЕЛЕНИЙ *Macoma balthica* (Linnaeus, 1758) В ОСУШНОЙ ЗОНЕ БЕЛОГО И БАРЕНЦЕВА МОРЁЙ

София Александровна Назарова

Научный руководитель: д.б.н. Н. В. Максимович

Санкт-Петербургский государственный университет

Санкт-Петербург, 2015

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

Линейный рост

Оседание

Выводы

Благодарности

Вид *Macoma balthica* (L., 1758)



Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

Линейный рост

Оседание

Выводы

Благодарности

Цели и задачи

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

Линейный рост

Оседание

Выводы

Благодарности

Цель. Изучение организации поселений *Macoma balthica* в условиях осушной зоны Белого и Баренцева морей.

Задачи. Для этого были изучены следующие стороны организации поселений:

1. биотический и абиотический фон биотопов;
2. структурные характеристики поселений *M. balthica* (показатели обилия, размерная структура);
3. многолетняя динамика поселений *M. balthica*;
4. скорость линейного роста моллюсков;
5. режим формирования спата.

Положения, выносимые на защиту

1. На литорали Кандалакшского залива Белого моря и в Баренцевом море (Западный Мурман и Кольский залив) *Macoma balthica* формирует поселения, в которых плотность значительно варьирует во времени и может достигать нескольких тысяч экз./м², но наиболее типичны поселения маком с плотностью в несколько сотен экз./м². На литорали Восточного Мурмана Баренцева моря вид не формирует плотных поселений, и значения данного показателя редко превышает 100 экз./м².
2. Организация поселений *Macoma balthica* в условиях осушной зоны Белого и Баренцева морей не имеет принципиальных различий:
 - ▶ в типичном случае в многолетней динамике поселений сменяются мономодальный (преобладание молоди) и бимодальный (добавление второго модального класса — группы особей старшего возраста) типы размерной структуры;
 - ▶ как относительно редкое событие наблюдаются мономодальная структура поселений с ежегодным преобладанием молоди.

Введение
Методы
Биотопы
Обилие
Динамика численности
Размерная структура
Линейный рост
Оседание
Выводы
Благодарности

Положения, выносимые на защиту

3. Характер динамики плотности поселений *Macoma balthica* определяется, в основном, неравномерностью уровня ежегодного пополнения их молодью. Беломорские поселения демонстрируют элементы синхронности процессов пополнения, что связано с влиянием температуры на выживаемость маком в первый год жизни (численность однолетних особей после холодных зим с устойчивым ледоставом оказывается относительно выше) и спецификой условий в локальном местообитании.
4. Скорость роста особей *Macoma balthica* в Белом и Баренцевом морях достоверно ниже, чем в других акваториях европейской части ареала вида. По характеру вариации средней скорости роста маком поселения Баренцева моря и Белого моря различий не имеют.

Введение
Методы
Биотопы
Обилие
Динамика численности
Размерная структура
Линейный рост
Оседание
Выводы
Благодарности

География исследований: Кандалакшский залив Белого моря

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

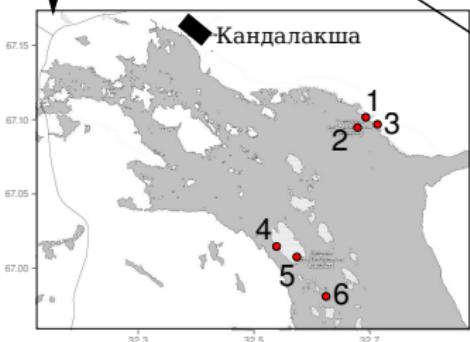
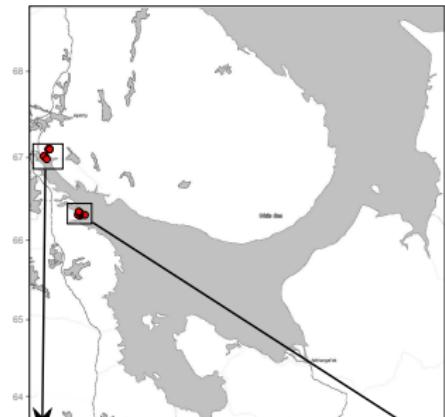
Размерная
структура

Линейный рост

Оседание

Выводы

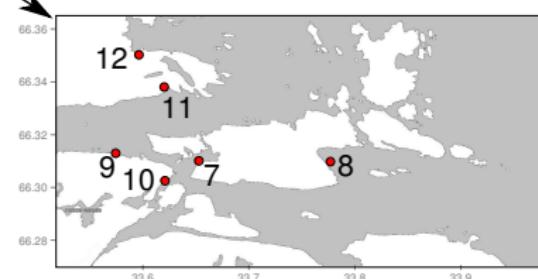
Благодарности



- 1 - эстуарий р.Лувеньги (1992-2012)
2 - остров Горелый (Лувеньгские шхеры) (1992-2012)
3 - Лувеньга, материковая литораль (1992-2002)
4 - Западная Ряшкова Салма (литораль острова Ряшков) (1994-2012)
5 - Южная губа острова Ряшков (2001-2012)
6 - остров Большой Ломнишний (2007-2012)
7 - Сухая салма (литораль острова Кереть) (2006)
8 - бухта Ключиха, остров Кереть (2006)
9 - бухта Лисья (2006)
10 - пролив Подпахта (материковая литораль) (2006)

Литературные данные:

- 7 - Сухая салма, 8 - бухта Ключиха,
11 - Сельдяная губа. 12 - Медвежья губа



География исследований: Мурманское побережье Баренцева моря

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

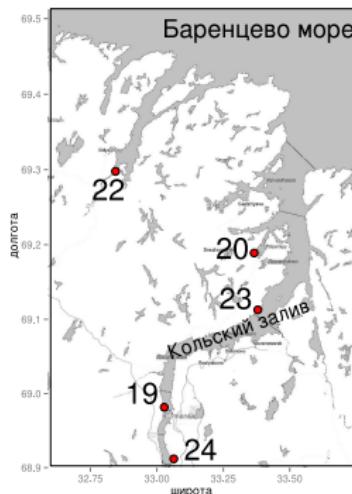
Размерная
структура

Линейный рост

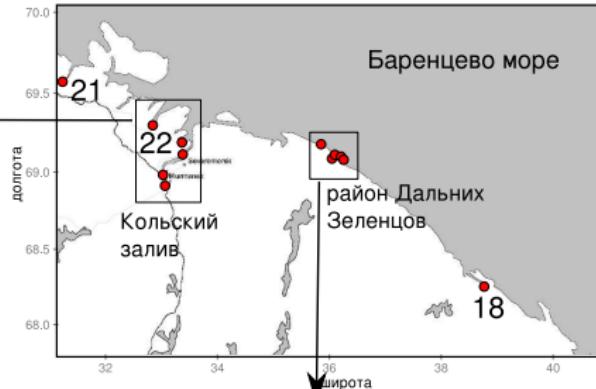
Оседание

Выводы

Благодарности



- 13 - губа Гаврилово (2008)
- 14 - губа Ярнышная (2007-08)
- 15 - губа Дальне-Зеленецкая (2002-2008)
- 16 - губа Шельпино (2008)
- 17 - губа Порчниха (2007-08)
- 18 - губа Ивановская (2008)
- 19 - Абрам-мыс (2005, 2008)
- 20 - Пала-губа (2007-08)
- 21 - губа Печенга (2005)



Методы: Полевые сборы

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

Линейный рост

Оседание

Выводы

Благодарности

Пробоотборник: Литоральные рамки площадью $1/30 \text{ м}^2$
или $3 \times 1/30 = 1/10 \text{ м}^2$ (интегрированная проба), либо зубчатый водолазный дночерпатель площадью $1/20 \text{ м}^2$

Однократная съемка: от 3 до 36 проб

Промывка: сито с диаметром ячей 1 мм

Обработка: подсчет всех особей в пробах, измерение длины и меток остановки роста, взвешивание

Методы: Описание биотопов



Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

Линейный рост

Оседание

Выводы

Благодарности

Грунт: гранулометрический
состав, содержание
органических веществ

Биотический фон: Описание
таксономического
состава

Температурный режим: по данным
Летописи природы
Кандалакшского
заповедника (1991 -
2000), Архива погоды в
Кандалакше (2014),
декадной станции БС
«Картеш» и разреза
«Кольский меридиан».

Методы: Структурные характеристики

Показатели: Средняя плотность поселения, средняя биомасса поселения, размерная структура поселения.

Получение данных: ► Прямое наблюдение

- Для части участков на Белом море биомассу определяли расчетным методом (Максимович и др., 1993).

Анализ: ► Сравнение поселений по среднему обилию проводили с помощью непараметрического теста Краскела-Уоллиса.

- Сравнительный материал: информация о средних плотности поселения и биомассе в европейской части ареала вида.

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

Линейный рост

Оседание

Выводы

Благодарности

Методы: Динамика поселений

Показатели: Плотность поселений, размерная структура поселения, плотность поселений однолетних маком (пополнение).

- Материал:**
- ▶ Мониторинг 6 поселений маком в вершине Кандалакшского залива и 1 — на Восточном Мурмане: длина рядов от 7 до 20 лет.
 - ▶ 4 поселения в районе губы Чупа Белого моря (Максимович и др., 1991; Gerasimova, Maximovich, 2013; Varfolomeeva, Naumov, 2013): длина рядов от 21 до 27 лет.

- Анализ:**
- ▶ Попарное сравнение динамики плотности поселений в Белом море с помощью корреляции Мантелля.
 - ▶ Линейная модель зависимости динамики плотности поселений от температуры.

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

Линейный рост

Оседание

Выводы

Благодарности

Методы: Линейный рост

- Материал:
- ▶ 7 Баренцевоморских поселений маком: 2 в Кольском заливе, 5 на Восточном Мурмане.
 - ▶ Сравнительный материал: ростовые характеристики *M. balthica* в европейской части ареала (25 поселений).

Данные: Описание роста особей по меткам зимних остановок роста.

- Анализ:
- ▶ Аппроксимация уравнением Берталанфи:
 $L_t = L_{max} \times (1 - e^{(-k(t-t_0))})$, где L_{max} , k , t_0 — коэффициенты, а L_t — длина раковины моллюска в возрасте t .
 - ▶ Сравнение кривых роста с учетом разброса эмпирических данных относительно регрессионной модели (Максимович, 1989).
 - ▶ Широтные изменения скорости роста анализировали, сравнивая КПД роста $\omega = L_{max} \times k$.

Введение
Методы
Биотопы
Обилие
Динамика численности
Размерная структура
Линейный рост
Оседание
Выводы
Благодарности

Методы: Формирование спата

Материал: 4 Беломорских поселения в районе Керетского архипелага (специальные сборы в июле и сентябре 2006 года).

Данные: Структура сообщества макрозообентоса (площадь учета $1/10\text{ м}^2$) и плотность поселения спата (площадь учета $1/100\text{ м}^2$).

Анализ: Иерархический дисперсионный анализ: влияние обилия макромицетов, обилия макрозообентоса и участка на плотность поселения спата.

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика численности

Размерная структура

Линейный рост

Оседание

Выводы

Благодарности

Условия обитания *Macoma balthica* в Белом и Баренцевом морях

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

Линейный рост

Оседание

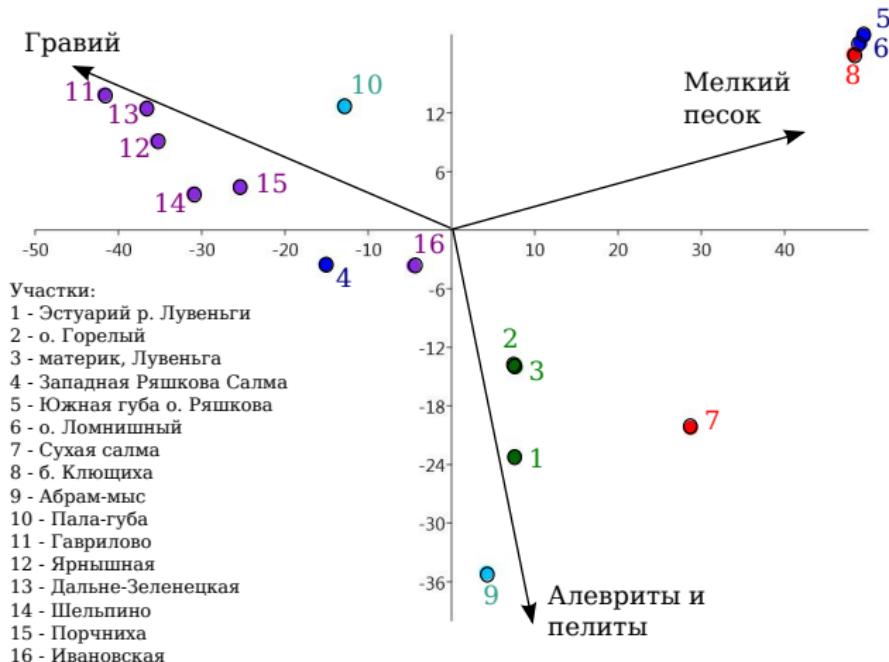
Выводы

Благодарности

показатель	Белое море Кандалакш- ский залив	Баренцево море: Мурманское побережье	Кольский залив
ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ:			
min, °C	-1.5	3 – 5	
max, °C	15 (до 20)	8 (до 18)	
ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ СЕЗОННОСТЬ:			
макс. прогрев	ЛЕТО	осень	
мин. прогрев	ЗИМА	весна	
СОЛЕНОСТЬ:			
средне- годовая, ‰	23 – 25	34	28
min, ‰	10	28	2
продолжи- тельность ледостава, мес.	5 – 7	0, припай в отдельных губах	

(По: Дерюгин, 1915; Гурьянова и др., 1928 – 1920; Кузнецов, 1960; Бабков, Голиков, 1984; Berger et al., 2003; Кольский меридиан, 2014)

Гранулометрический состав грунта в исследованных биотопах



Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

Линейный рост

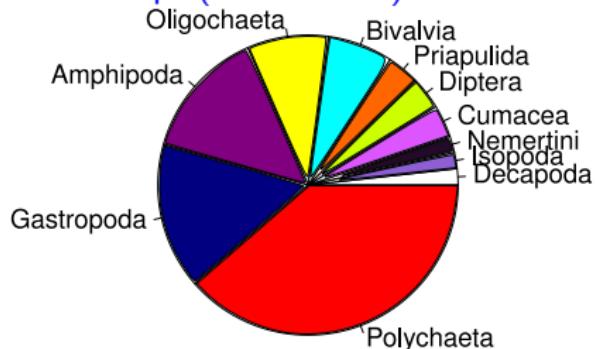
Осадение

Выводы

Благодарности

Совокупное таксономическое разнообразие в сообществах

Белое море (57 таксонов)



Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика численности

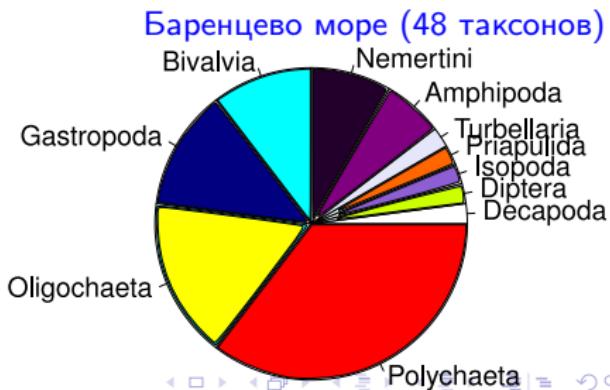
Размерная
структура

Линейный рост

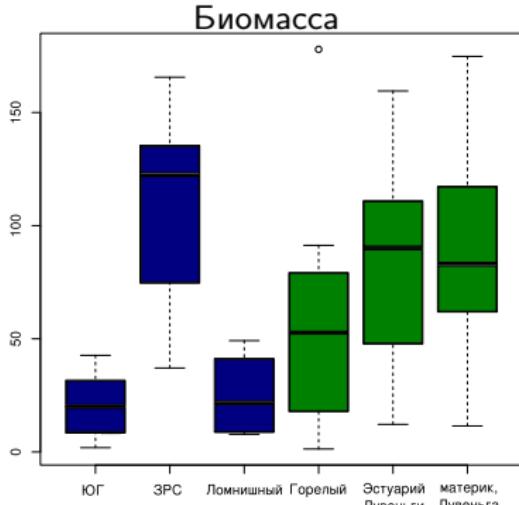
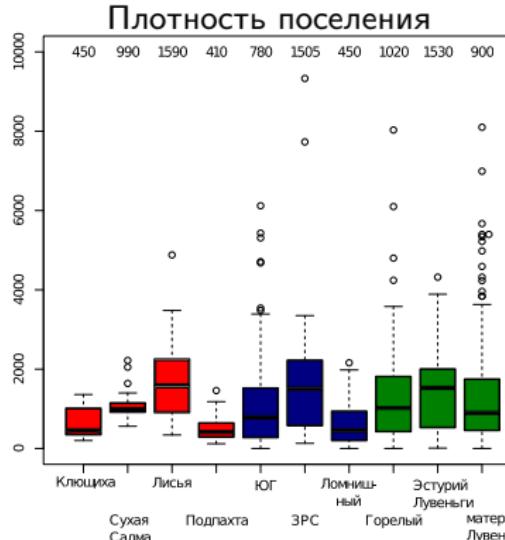
Оседание

Выводы

Благодарим



Обилие *M. balthica* в Белом море



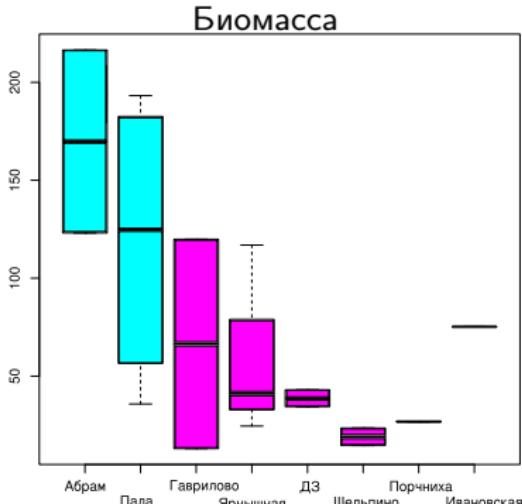
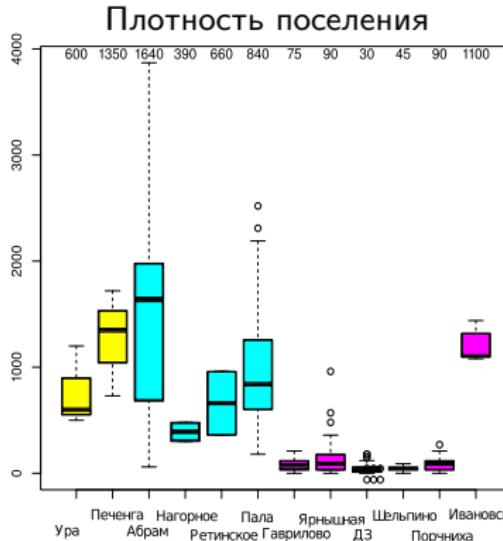
Районы: Керетский архипелаг — красный, Северный архипелаг — синий, Лувенъгские шхеры — зеленый.

Жирная горизонтальная линия — медианное значение показателя;
границы «ящика» — 1 и 3 квартили;
«усы» — 1,5 интерквартильного расстояния;
точки — значения, выпадающие за 1,5 интерквартильных расстояния.

Числа в верхней части графика — средние значения плотности поселений маком,
экз./ m^2 .

Введение
Методы
Биотопы
Обилие
Динамика численности
Размерная структура
Линейный рост
Оседание
Выводы
Благодарности

Обилие *M. balthica* в Баренцевом море



Районы: Западный Мурман — желтый, Кольский залив — голубой, Восточный Мурман — фиолетовый.

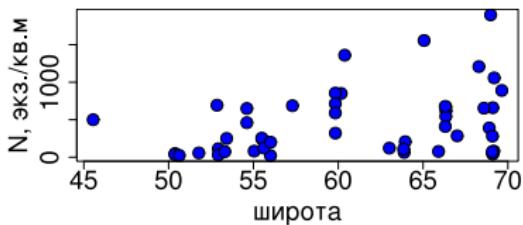
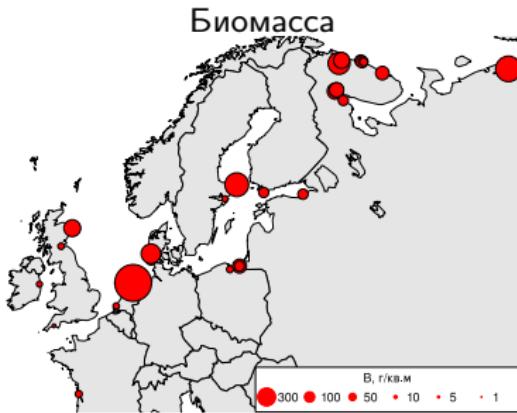
Жирная горизонтальная линия — медианное значение показателя;
границы «ящика» — 1 и 3 квартили;
«усы» — 1,5 интерквартильного расстояния;
точки — значения, выпадающие за 1,5 интерквартильных расстояния.

Числа в верхней части графика — средние значения плотности поселений маком,
экз./м².

- Введение
- Методы
- Биотопы
- Обилие
- Динамика численности
- Размерная структура
- Линейный рост
- Оседание
- Выводы
- Благодарности

Обилие *M. balthica* в европейской части ареала

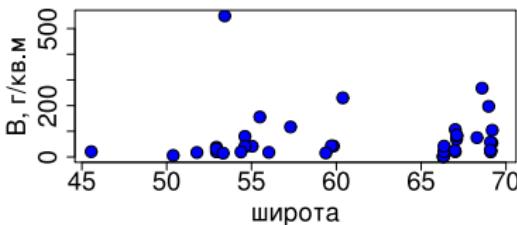
Введение
Методы
Биотопы
Обилие
Динамика численности
Размерная структура
Линейный рост
Оседание
Выводы
Благодарности



Корреляция Спирмена:

$$r_s = -0,43, p < 0,0006.$$

Средние значения показателей пропорциональны площади круга на карте



Корреляция Спирмена:

$$r_s = -0,3, p < 0,06.$$

Динамика плотности поселений *M. balthica* в вершине Кандалакшского залива

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

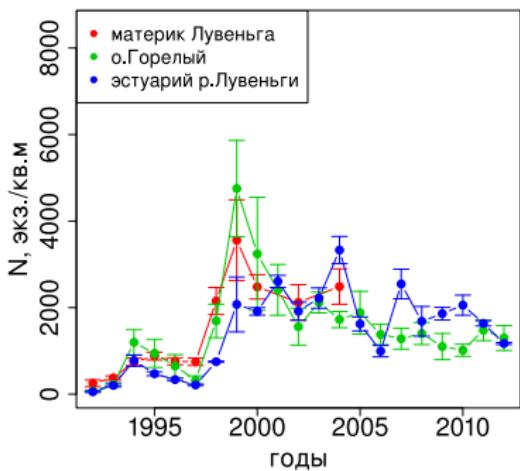
Линейный рост

Оседание

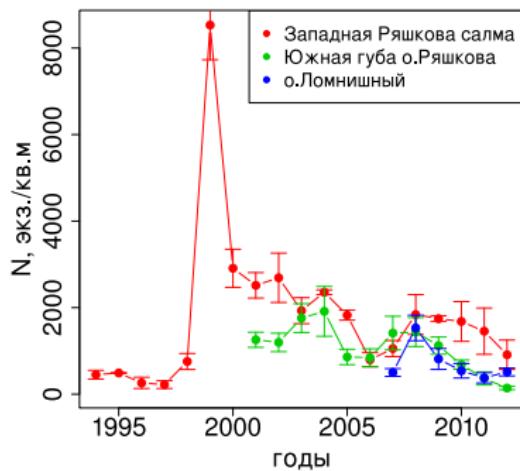
Выводы

Благодарности

Лувенъгские шхеры



Северный архипелаг



По оси ординат указана средняя плотность поселения без учета спата

Синхронность динамики плотности поселений *M. balthica* в Кандалакшском заливе Белого моря

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика численности

Размерная
структура

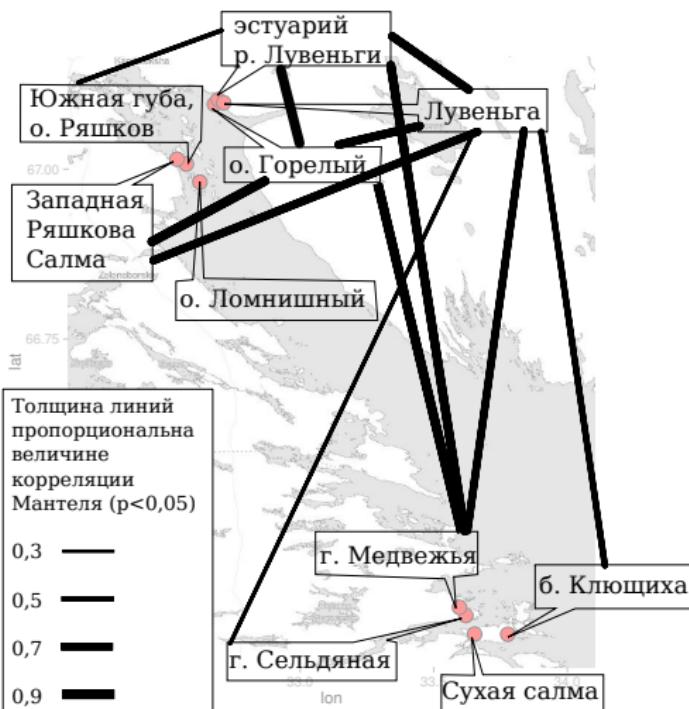
Линейный рост

Оседание

Выводы

Благодарности

Благодарности



Моделирование влияния температуры на численность *M. balthica* в Кандалакшском заливе Белого моря

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

Линейный рост

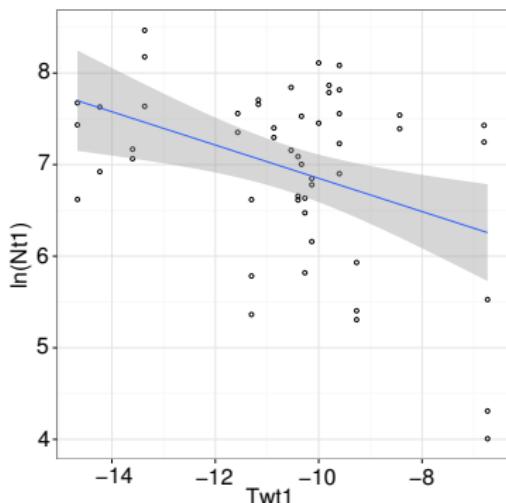
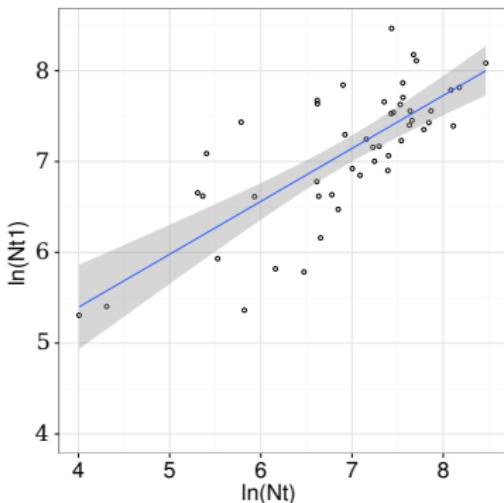
Оседание

Выводы

Благодарности

$$\ln(N_{t1}) = 1,96 + 0,60 \times \ln(N_t) - 0,09 \times T_{wt1}$$

$F = 37,04; p < 0,0001. R^2 = 0,6.$



$\log(N_{t1})$ и $\log(N_t)$ — логарифм средней численности маком в данный ($t1$) и предыдущий

(t) годы; T_{wt1} — среднезимняя температура в текущий год.

Характерные варианты размерно-частотного распределения особей *M. balthica* в поселениях

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

Линейный рост

Оседание

Выводы

Благодарности

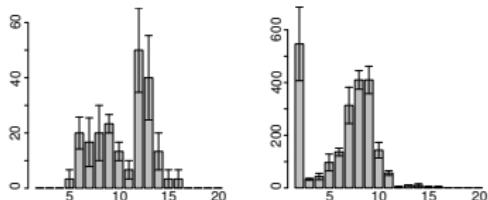
Белое море



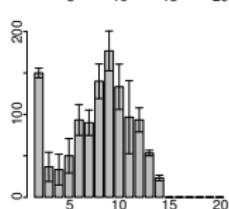
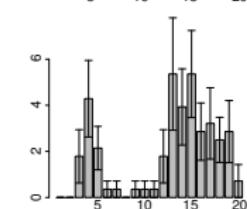
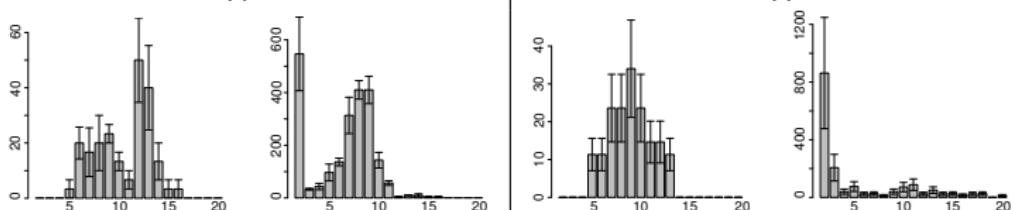
Баренцево море



Бимодальное



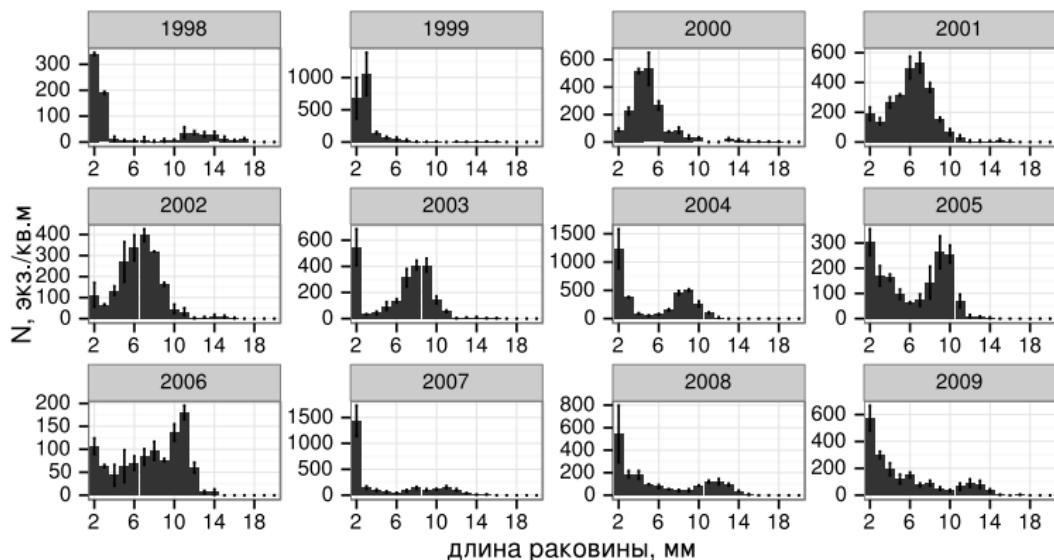
Мономодальное



Абсцисса — длина раковины, мм; ордината — численность, экз./ м^2 .

Динамика размерной структуры: чередование вариантов распределения

Пример: эстуарий р. Лувеньги



Динамика размерной структуры: повторение мономодального распределения

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структуря

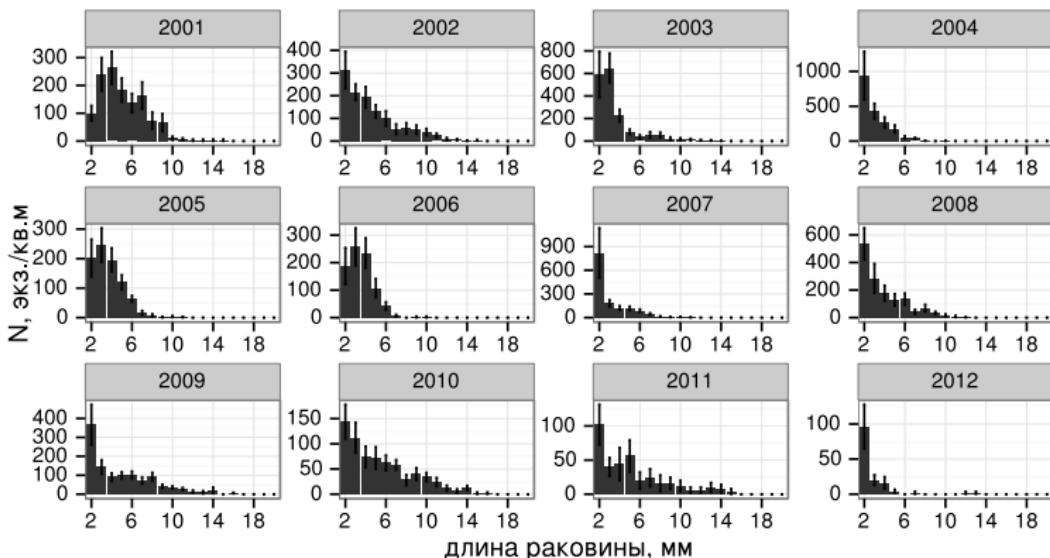
Линейный рост

Оседание

Выводы

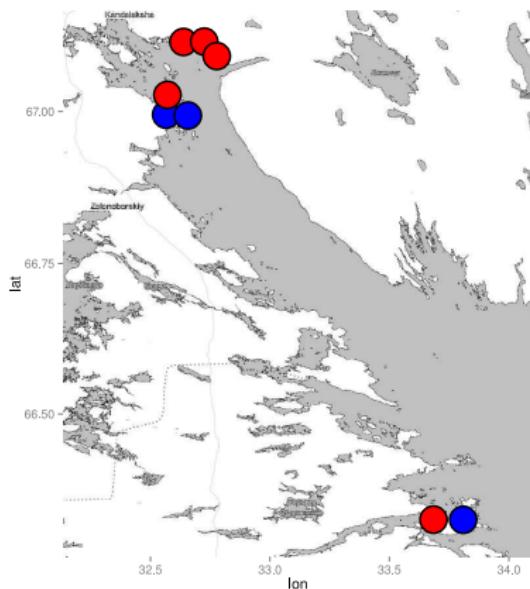
Благодарности

Пример: Южная губа острова Ряшкова



Организация поселений *M. balthica*: динамика размерной структуры

Распространение типов динамики размерной структуры в Белом море



+поселение в г. Дальне-Зенеленецкой

Баренцева моря

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

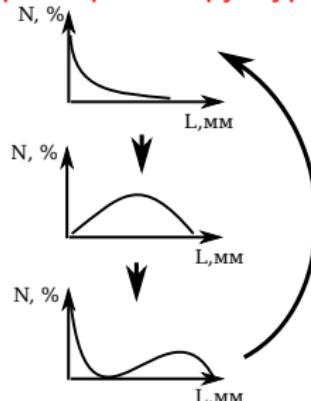
Линейный рост

Оседание

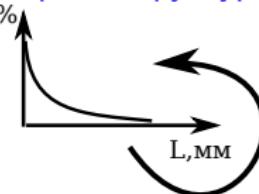
Выводы

Благодарности

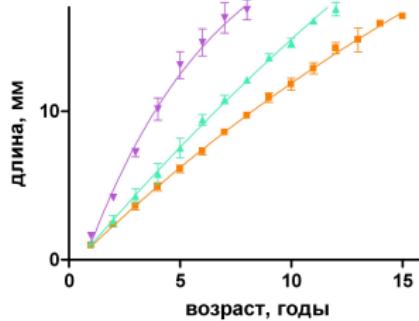
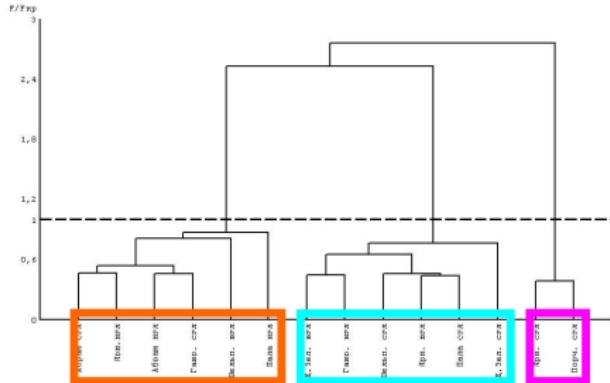
Чередование вариантов
размерной структуры



Ежегодное повторение
размерной структуры



Линейный рост *M. balthica* в Баренцевом море



- 1: Ярнышная СГЛ, Порчниха СГЛ
- 2: Пала СГЛ, Гаврилово СГЛ, Ярнышная ВГЛ,
Дальне-Зеленецкая СГЛ, Шельпино СГЛ
- 3: Абрам-мыс, Пала НГЛ, Гаврилово СГЛ, Ярнышная
НГЛ, Шельпино ВГЛ

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

Линейный рост

Оседание

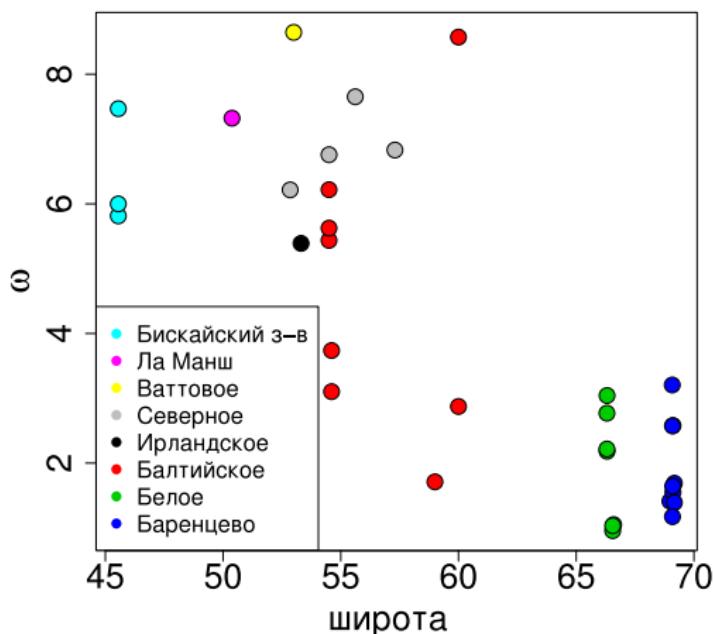
Выводы

Благодарности

Широтные изменения скорости роста *M. balthica* в европейской части ареала

Параметр $\omega = L_{max} \times k$ (Appeldoorn, 1983; Beukema, Meehan, 1985)

Введение
Методы
Биотопы
Обилие
Динамика численности
Размерная структура
Линейный рост
Оседание
Выводы
Благодарности



Корреляция Спирмена: $r_s = -0,60, p < 0,0001$.

Линейный рост *M. balthica* в европейской части ареала

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика численности

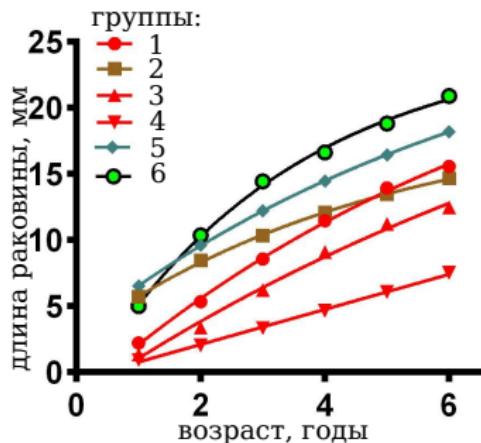
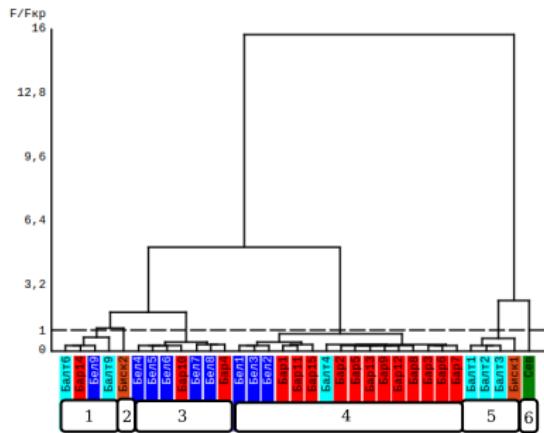
Размерная структура

Линейный рост

Оседание

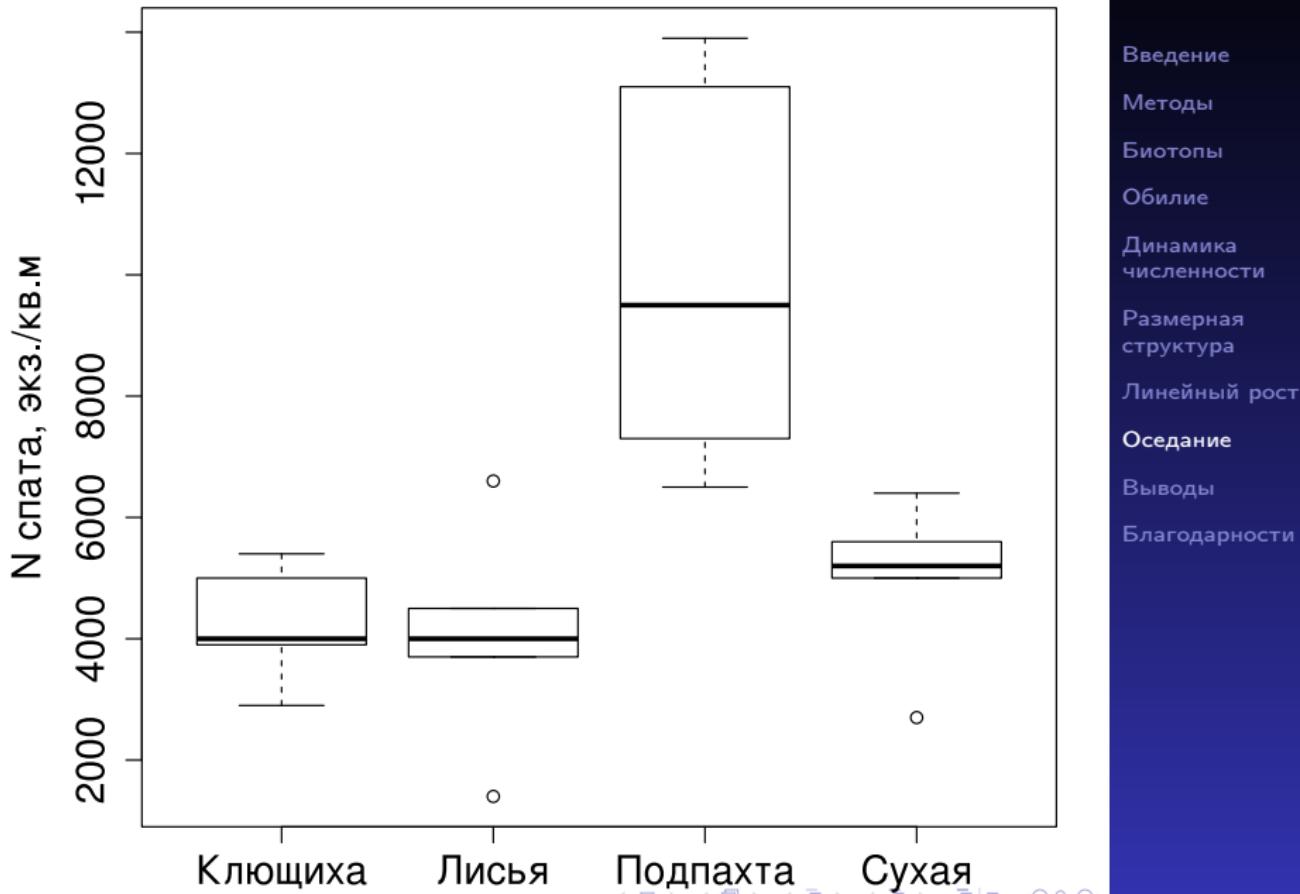
Выводы

Благодарности



Цветовые обозначения: Баренцово море, Белое море, Балтийское море, Северное море, Бискайский залив.

Обилие спата *Macoma balthica*



Введение
Методы
Биотопы
Обилие
Динамика
численности
Размерная
структура
Линейный рост
Оседание
Выводы
Благодарности

Выводы

1. В Кольском заливе Баренцева моря и Кандалакшском заливе Белого моря значения биомассы (до 200 г/м²) поселений *Macoma balthica* сопоставимы с аналогичным показателем в европейской части ареала, а плотность поселений нередко оказывается выше (до 8 тыс. экз./м²). Для лitorали восточной части Мурманского побережья Баренцева моря типичны поселения *M. balthica* с численностью менее 100 экз./м².
2. Плотность поселений спата *Macoma balthica* в Белом море может варьировать на порядок в пределах незначительной акватории, и достигать десятков тысяч экз./м².
3. Беломорские и баренцевоморские поселения *M. balthica* не различаются по средней скорости роста моллюсков, и отличаются по этому показателю минимальными характеристиками в пределах европейской части ареала вида.

Введение
Методы
Биотопы
Обилие
Динамика численности
Размерная структура
Линейный рост
Оседание
Выводы
Благодарности

Выводы

4. Динамика размерной структуры поселений *Macoma balthica* в Белом и Баренцевом представлена двумя типами.

Наболее обычный вариант — чередование бимодального и мономодального распределений особей по размерам. При этом первый пик формируют молодые особи (обычно длиной до 5 мм), а второй модальный класс состоит из взрослых особей (в Белом море длиной 9–12 мм, в Баренцевом море — 10–17 мм). Как относительно редкое событие наблюдается мономодальная структура поселений с ежегодным преобладанием молоди.

5. Динамика плотности поселений *Macoma balthica* в Кандалакшском заливе Белого моря демонстрирует элементы синхронности в поселениях, расположенных на расстоянии от 1 до 100 км, что происходит на фоне резкой межгодовой неравномерности пополнения поселений молодью.

Введение
Методы
Биотопы
Обилие
Динамика численности
Размерная структура
Линейный рост
Оседание
Выводы
Благодарности

Благодарности

- ▶ научному руководителю Н. В. Максимовичу
- ▶ Д. А. Аристову
- ▶ Е. А. Генельт-Яновскому
- ▶ А. В. Герасимовой
- ▶ М.В. Иванову
- ▶ И. А. Коршуновой
- ▶ М. В. Макарову
- ▶ С. В. и С. С. Малавендам
- ▶ А. Д. Наумову
- ▶ А. В. Полоскину
- ▶ И. П. Прокопчук
- ▶ П. П. Стрелкову
- ▶ Ю. Ю. Тамберг
- ▶ О. С. Тюкиной
- ▶ В. М. Хайтову
- ▶ К. В. Шунькиной
- ▶ Е. А. Нинбургу
- ▶ А. С. Корякину
- ▶ участникам Беломорской экспедиции ГИПС ЛЭМБ
- ▶ участникам студенческой Баренцевоморской экспедиции СПбГУ
- ▶ администрации Кандалакшского заповедника

Данная работа частично выполнена при поддержке грантов СПбГУ (1.0.134.2010, 1.42.527.2011, 1.42.282.2012, 1.38.253.2014) и РФФИ (12-04-01507, 13-04-10131K).

Введение

Методы

Биотопы

Обилие

Динамика
численности

Размерная
структура

Линейный рост

Оседание

Выводы

Благодарности

Публикации по теме диссертации

► статьи: 6, из них 3 в журналах из списка ВАК

1. Назарова С.А. и др. Линейный рост *Macoma balthica* в осушной зоне Мурманского побережья Баренцева моря/**С.А. Назарова**, Е.А. Генельт-Яновский, Н.В. Максимович// Вестник СпбГУ, сер.3, вып.4 – Спб. – 2010. – С. 35-43.
2. Genelt-Yanovskiy E. et al Population structure and growth rates at biogeographic extremes: A case study of the common cockle, *Cerastoderma edule* (L.) in the Barents Sea /Eugene Genelt-Yanovsky, Alexey Poloskin, Andrei Granovitch, **Sophia Nazarova**, Petr Strelkov// Marine Pollution Bulletin. – Vol. 61, Iss.4-6. – 2010, P. 247-253
3. Nazarova S. et al. Abundance distribution patterns of intertidal bivalves *Macoma balthica* and *Cerastoderma edule* at the Murman coast tidal flats (the Barents Sea)./
S. Nazarova, E. Genelt-Yanovsky, K. Shunkina // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom., v. 95 (8) – 2015. — Рр. 1613-1620.

► тезисы докладов и материалы конференций: 9

Публикации и
апробация
работы

Апробация работы

Публикации и
апробация
работы

- ▶ European Marine Biology Symposium: 2011, 2014, 2015
- ▶ Конференция ББС МГУ: 2004, 2008
- ▶ VI всероссийская школы по морской биологии «Биоразнообразие сообществ морских и пресноводных экосистем России»: 2007
- ▶ Научная сессия МБС СПбГУ: 2004, 2008, 2009, 2010
- ▶ Дерюгинские чтения: 2008
- ▶ Семинар кафедры ихтиологии и гидробиологии СПбГУ: 2003 – 2015