

# ОРГАНИЗАЦИЯ ПОСЕЛЕНИЙ *Macoma balthica* (Linnaeus, 1758) В ГРАДИЕНТАХ КЛЮЧЕВЫХ ПЕРЕМЕННЫХ СРЕДЫ ОСУШНОЙ ЗОНЫ БЕЛОГО И БАРЕНЦЕВА МОРЕЙ

София Назарова

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

Санкт-Петербургский государственный университет

Санкт-Петербург, 2015

- 1 Введение
- 2 География исследований
- 3 Обилие *Macoma balthica*
- 4 Динамика плотности поселений *Macoma balthica* в Белом море
- 5 Характер размерной структуры поселений *Macoma balthica*
- 6 Линейный рост *Macoma balthica*
- 7 Выводы

- 1 Введение
- 2 География исследований
- 3 Обилие *Macoma balthica*
- 4 Динамика плотности поселений *Macoma balthica* в Белом море
- 5 Характер размерной структуры поселений *Macoma balthica*
- 6 Линейный рост *Macoma balthica*
- 7 Выводы

## *Macoma balthica* (L., 1758)

- Широко распространен
- Модельный объект  
популяционных исследований
- Легко доступен для изучения
- Важный элемент  
трофических цепей

**Цель** Изучение гетерогенности поселений *Macoma balthica* в условиях арктических морей.

**Задачи** Изучение:

- 1 Изучение размерной структуры в различных местообитаниях

**Цель** Изучение гетерогенности поселений *Macoma balthica* в условиях арктических морей.

**Задачи** Изучение:

- 1 Изучение размерной структуры в различных местообитаниях
- 2 изучение многолетней динамики поселений маком;

**Цель** Изучение гетерогенности поселений *Macoma balthica* в условиях арктических морей.

**Задачи** Изучение:

- 1 Изучение размерной структуры в различных местообитаниях
- 2 изучение многолетней динамики поселений маком;
- 3 изучение биотического и абиотического фона в поселениях;

**Цель** Изучение гетерогенности поселений *Macoma balthica* в условиях арктических морей.

**Задачи** Изучение:

- 1 Изучение размерной структуры в различных местообитаниях
- 2 изучение многолетней динамики поселений маком;
- 3 изучение биотического и абиотического фона в поселениях;
- 4 изучение показателей линейного роста маком



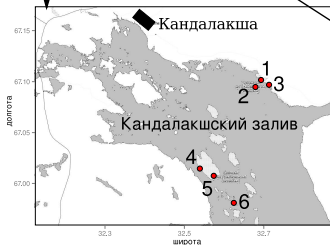
**Цель** Изучение гетерогенности поселений *Macoma balthica* в условиях арктических морей.

**Задачи** Изучение:

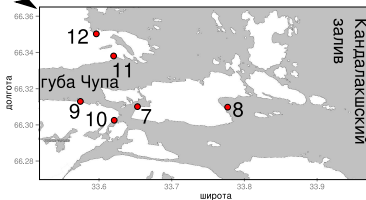
- 1 Изучение размерной структуры в различных местообитаниях
- 2 изучение многолетней динамики поселений маком;
- 3 изучение биотического и абиотического фона в поселениях;
- 4 изучение показателей линейного роста маком
- 5 изучение численности спата

- 1 Введение
- 2 География исследований**
- 3 Обилие *Macoma balthica*
- 4 Динамика плотности поселений *Macoma balthica* в Белом море
- 5 Характер размерной структуры поселений *Macoma balthica*
- 6 Линейный рост *Macoma balthica*
- 7 Выводы

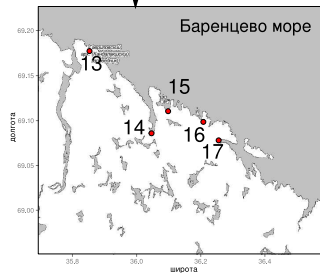
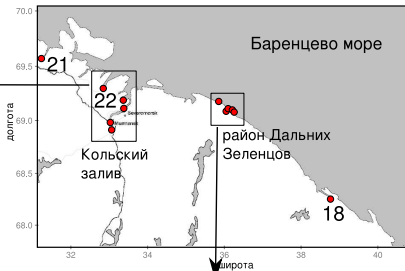
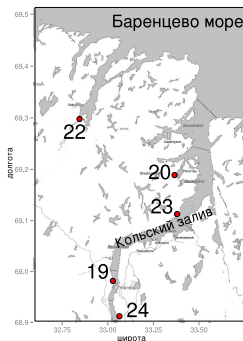
# Белое море



- 1 - эстуарий р.Лувеньги
- 2 - остров Горелый (Лувеньгские шхеры)
- 3 - Лувеньга, материковая литораль
- 4 - Западная Ряшкова Салма (литораль острова Ряшков)
- 5 - Южная губа острова Ряшков
- 6 - остров Большой Ломнишный
- 7 - Сухая салма (литораль острова Кереть)
- 8 - бухта Ключиха, остров Кереть
- 9 - бухта Лисья
- 10 - пролив Подпахта (материковая литораль)
- 11 - Сельдяная губа
- 12 - Медвежья губа



# Баренцево море



- 13 - губа Гаврилово
- 14 - губа Ярнышная
- 15 - губа Дальне-Зеленецкая
- 16 - губа Шельпино
- 17 - губа Порчниха
- 18 - губа Ивановская
- 19 - Абрам-мыс
- 20 - Пала-губа
- 21 - губа Печенга

- 22 - Ура-губа
- 23 - Ретинское
- 24 - Нагорное

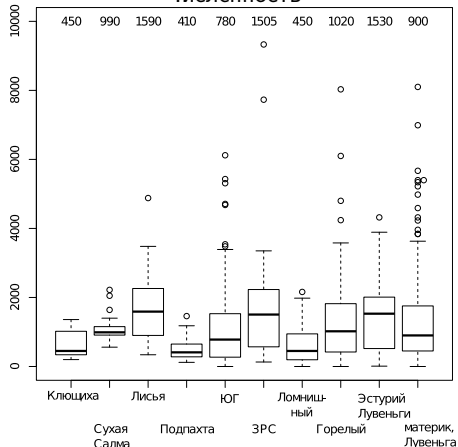
- 1 Введение
- 2 География исследований
- 3 Обилие *Macoma balthica*
- 4 Динамика плотности поселений *Macoma balthica* в Белом море
- 5 Характер размерной структуры поселений *Macoma balthica*
- 6 Линейный рост *Macoma balthica*
- 7 Выводы

## Обилие *M. balthica*: методы

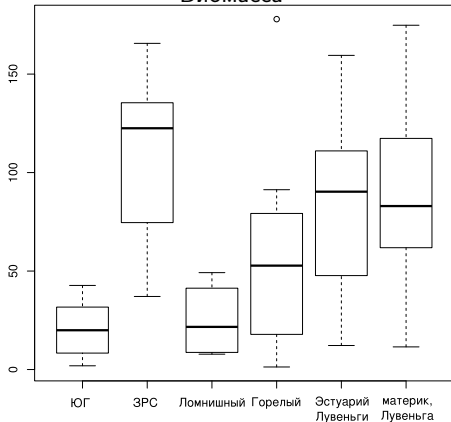
- Пробоотборник: Литоральные рамки площадью  $1/30 \text{ м}^2$  /  $3 \times 1/30 = 1/10 \text{ м}^2$  (интегрированная проба) / зубчатый водолазный дночерпатель площадью  $1/20 \text{ м}^2$
- Однократная съемка: от 3 до 36 проб
- Промывка: сито с диаметром ячеек 0,5 – 1 мм
- Численность: подсчет особей в пробах, пересчет в среднюю численность на  $\text{м}^2$ .
- Биомасса: взвешивание с точностью до 10 мг / расчет по формуле зависимости массы особи от ее длины (Максимович, Герасимова, Кунина, 1993)
- Множественное сравнение средних с помощью теста Краскелла-Уоллеса
- Сравнительный материал: информация о средних численности и биомассе в европейской части ареала макомы (всего 39 источников о 52 поселениях)

# Обилие *M. balthica* в Белом море

## Численность



## Биомасса



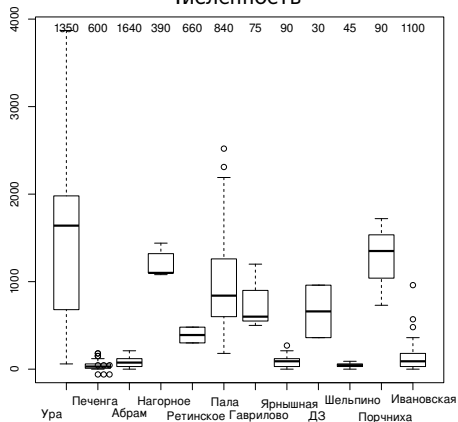
жирная горизонтальная линия — медианное значение показателя, границы «ящика» — 1 и 3 квартили,

«усы» — 1,5 интерквартильного расстояния, точки - значения выпадающие за 1,5 интерквартильных

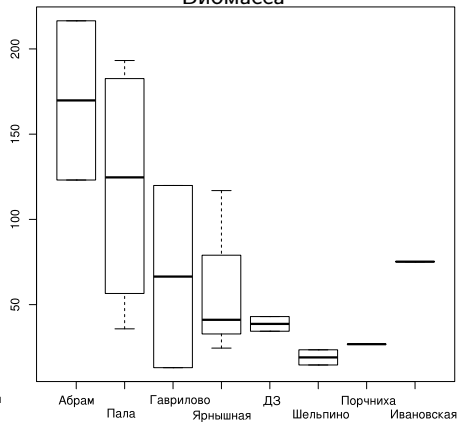
расстояния. Числа в верхней части графика — среднее значение численности маком, экз./м<sup>2</sup>.

# Обилие *M. balthica* в Баренцевом море

## Численность



## Биомасса



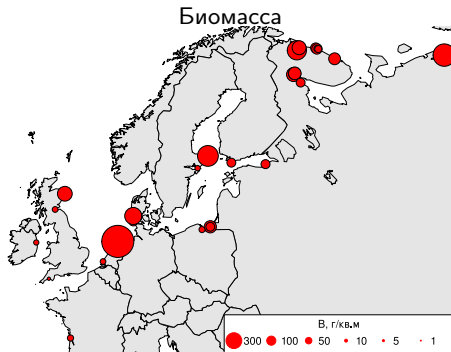
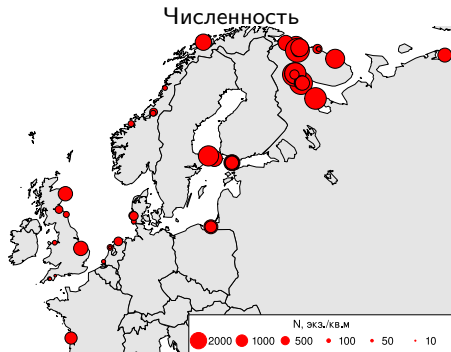
жирная горизонтальная линия — медианное значение показателя, границы «ящика» — 1 и 3 кватили,

«усы» — 1,5 интерквартильного расстояния, точки - значения выпадающие за 1,5 интерквартильных

расстояния. Числа в верхней части графика — среднее значение численности маком, экз./м<sup>2</sup>.



# Обилие *M. balthica* в европейской части ареала



Средние значения показателей пропорциональны площади круга на карте

# Положения выносимые на защиту

1. *Macoma balthica* на литорали Белого и Баренцева моря образуют разные по структуре поселения.

На литорали Кандалакшского залива Белого моря и в Баренцевом море (Западный Мурман и Кольский залив) вид формирует плотные поселения, в которых численность особей значительно варьирует во времени и может достигать нескольких тысяч экз./м<sup>2</sup>, но наиболее типичны поселения маком с плотностью в несколько сотен экз./м<sup>2</sup>.

При этом среднее обилие *M. balthica* в Кандалакшском заливе Белого моря и в Кольском заливе Баренцева моря наибольшее в пределах европейской части ареала вида.

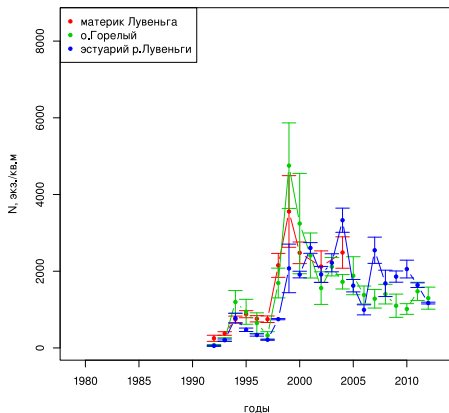
На литорали Восточного Мурмана Баренцева моря *M. balthica* не формирует плотных поселений, и ее численность редко превышает 100 экз./м<sup>2</sup>.

- 1 Введение
- 2 География исследований
- 3 Обилие *Macoma balthica*
- 4 Динамика плотности поселений *Macoma balthica* в Белом море
- 5 Характер размерной структуры поселений *Macoma balthica*
- 6 Линейный рост *Macoma balthica*
- 7 Выводы

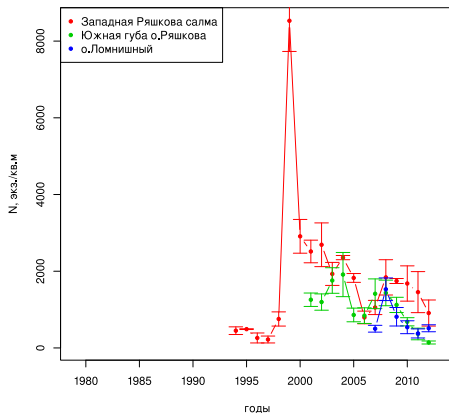
- 6 поселений *M. balthica* в вершине Кандалакшского залива (Лувеньгские шхеры и Северный архипелаг): длина рядов от 7 до 20 лет.
- Сравнительный материал: 4 поселения *M. balthica* в губе Чупа (данные из Максимович, Герасимова, Кунина, 1991; Gerasimova, Maximovich, 2013; Varfolomeeva, Naumov, 2013)
- Расстояния между поселениями от 1 до 100 километров
- Множественное сравнение средних с помощью теста Краскелла-Уоллеса и пост-хок анализ с помощью теста Тьюки
- Попарное сравнение динамики численности в поселениях с помощью корреляции Мантеля

# Динамика численности *M. balthica* в вершине Кандалакшского залива

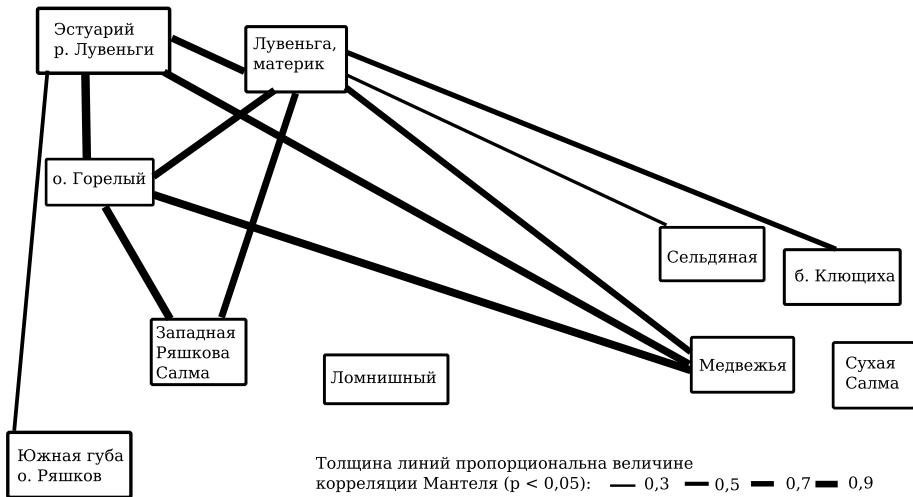
Лувеньгские шхеры



Северный архипелаг



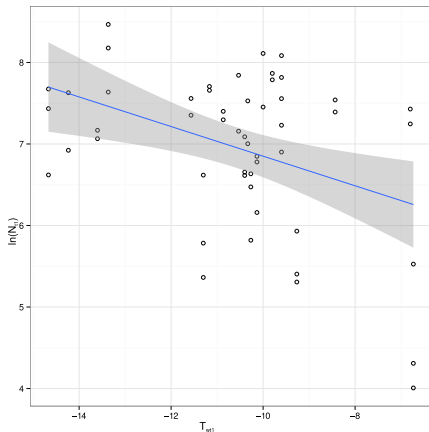
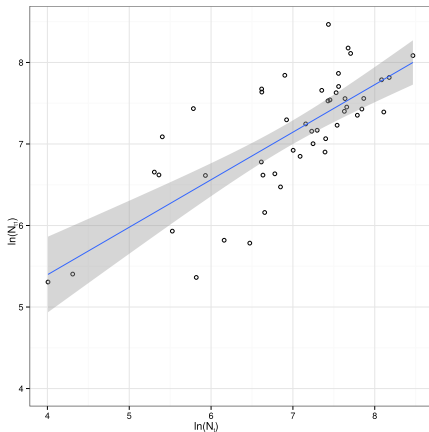
# Синхронность динамики плотности поселений *M. balthica* в Кандалакшском заливе Белого моря



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

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

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



2. Характер динамики численности *Macoma balthica* в Белом и Баренцевом морях определяется варьированием численности однолетних особей в поселениях, которое зависит от нерегулярности пополнения поселений молодью, обусловленной в первую очередь различным уровнем выживаемости на первом году жизни.

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.

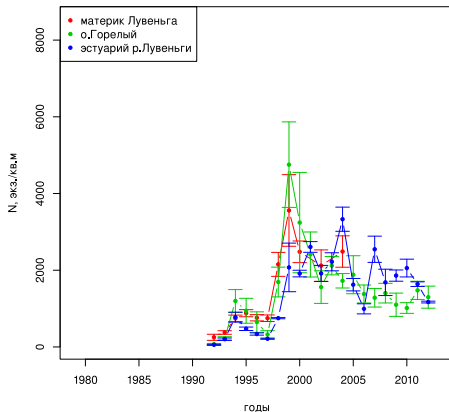


- 1 Введение
- 2 География исследований
- 3 Обилие *Macoma balthica*
- 4 Динамика плотности поселений *Macoma balthica* в Белом море
- 5 Характер размерной структуры поселений *Macoma balthica*
- 6 Линейный рост *Macoma balthica*
- 7 Выводы

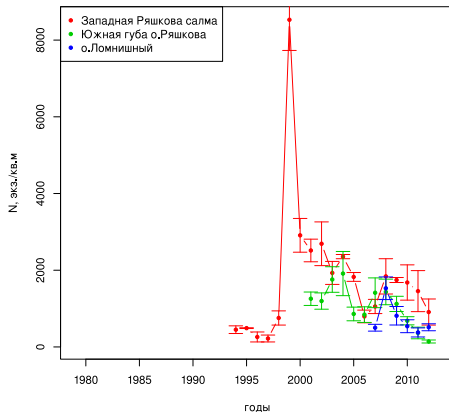
- 6 поселений *M. balthica* в вершине Кандалакшского залива (Лувеньгские шхеры и Северный архипелаг): длина рядов от 7 до 20 лет.
- Расстояния между поселениями от 1 до 100 километров
- Множественное сравнение средних с помощью теста Краскелла-Уоллеса и пост-хок анализ с помощью теста Тьюки
- Попарное сравнение динамики численности в поселениях с помощью корреляции Мантеля

# Динамика численности *M. balthica* в вершине Кандалакшского залива

Лувеньгские шхеры



Северный архипелаг



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

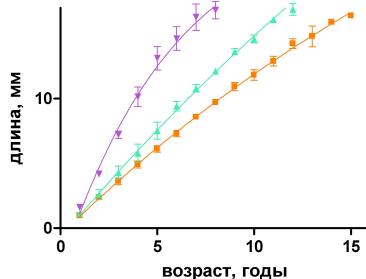
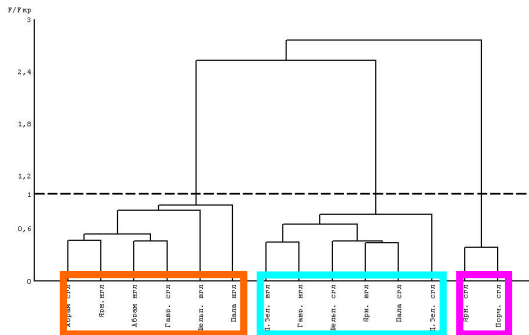
Более распространенный вариант: чередование бимодального и мономодального характера распределения особей по размерам. При этом первый пик формируют молодые особи (обычно длиной до 5 мм), а в случае бимодальной добавляется второй модальный класс из взрослых особей (в Белом море длиной 9 – 12 мм, в Баренцевом 10 – 17 мм). В Баренцевом море часто новое пополнение происходит до ухода старшей генерации и наблюдается три модальных группы.

В некоторых условиях формируется более редкий тип динамики с ежегодным повторением мономодальной размерной структуры.

- 1 Введение
- 2 География исследований
- 3 Обилие *Macoma balthica*
- 4 Динамика плотности поселений *Macoma balthica* в Белом море
- 5 Характер размерной структуры поселений *Macoma balthica*
- 6 Линейный рост *Macoma balthica***
- 7 Выводы

- Особи *M. balthica* из 7 поселений в Баренцевом море
- Измерения длины раковины и меток зимней остановки роста
- Аппроксимация при помощи уравнения 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  $t$ .
- Сравнительный анализ кривых роста произведен с учетом разброса эмпирических данных относительно регрессионной модели (Максимович, 1989, компьютерная реализация Т. С. Ивановой).
- Сравнительный материал: информация о ростовых характеристиках *M. balthica* в Европейской части ареала (всего 15 источников о 25 поселениях)
- Широтное сравнение скорости роста с помощью параметра  
$$\omega = L_{max} \times k$$

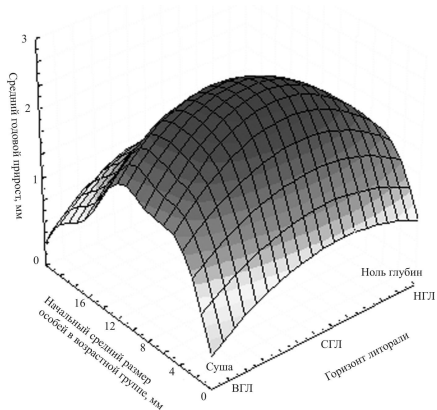
# Линейный рост *M. balthica* в Баренцевом море



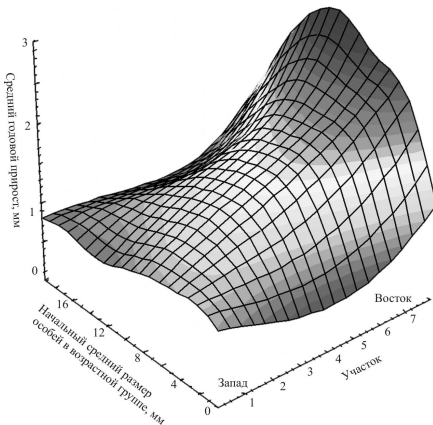
- 1: Ярышная СГЛ, Порчниха СГЛ
- 2: Пала СГЛ, Гаврилово СГЛ, Ярышная СГЛ, Дальне-Зеленецкая СГЛ, Шельпино СГЛ
- 3: Абрам-мыс, Пала НГЛ, Гаврилово СГЛ, Ярышная НГЛ, Шельпино ВГЛ

Изменения среднего годового прироста особей *M. balthica* в зависимости от начальной средней длины их раковин, мареографического уровня обитания (А) и условного смещения участка по побережью Мурмана на восток (Б)

А



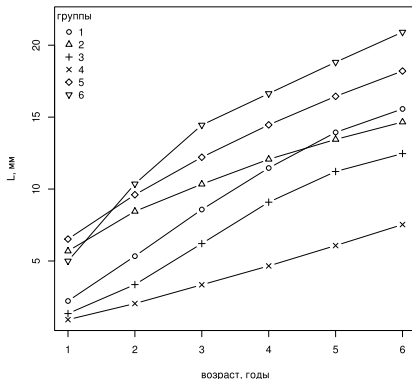
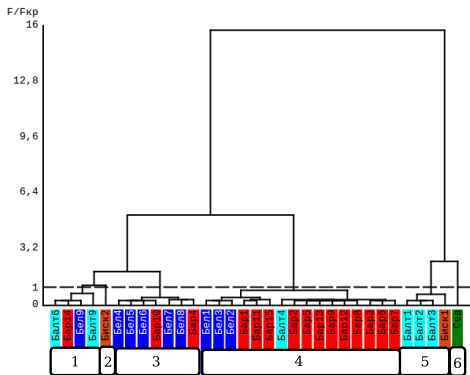
Б



1 — Абрам-мыс, 2 — Пала-губа, 3 — Гаврилово, 4 — Ярнышная, 5 — Дальнезеленецкая, 6 — Шельпино, 7 — Порчниха. Горизонты литорали: ВГЛ — верхний, СГЛ — средний, НГЛ — нижний

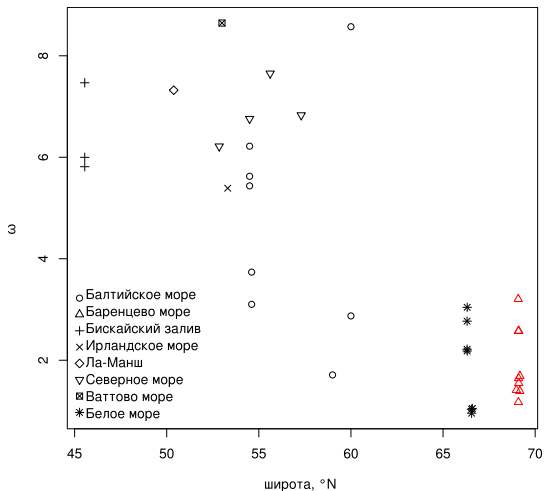


# Линейный рост *M. balthica* в Европейской части ареала



Цветовые обозначения: **Баренцево море**, **Белое море**, **Балтийское море**, **Северное море**, **Бискайский залив**.

# Широтные изменения скорости роста *M. balthica* в Европейской части ареала



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

4. Особи *Masoma balthica* в Белом и Баренцевом морях отличаются наименьшей скоростью роста в пределах европейской части ареала вида. При этом внутригрупповая вариация роста особей *M. balthica* в поселениях Белого и Баренцева моря практически полностью перекрывается.

# Содержание

- 1 Введение
- 2 География исследований
- 3 Обилие *Macoma balthica*
- 4 Динамика плотности поселений *Macoma balthica* в Белом море
- 5 Характер размерной структуры поселений *Macoma balthica*
- 6 Линейный рост *Macoma balthica*
- 7 Выводы

- 1 Для Белого моря типичны поселения *Masoma balthica* с численностью в сотни экз./м<sup>2</sup> (при варьировании от единичных особей до более 8 тыс. экз./м<sup>2</sup>). Варьирование обилия связано в первую очередь с численностью годовалых особей.

- 1 Для Белого моря типичны поселения *Macoma balthica* с численностью в сотни экз./м<sup>2</sup> (при варьировании от единичных особей до более 8 тыс. экз./м<sup>2</sup>). Варьирование обилия связано в первую очередь с численностью годовалых особей.
- 2 Для литорали восточной части Мурманского побережья Баренцева моря типичны поселения *Macoma balthica* с численностью менее 100 экз./м<sup>2</sup>, и эти поселения не достигают плотностей, которые показаны для поселений на литорали Западного Мурмана и в Кольском заливе.

- ❶ Для Белого моря типичны поселения *Macoma balthica* с численностью в сотни экз./м<sup>2</sup> (при варьировании от единичных особей до более 8 тыс. экз./м<sup>2</sup>). Варьирование обилия связано в первую очередь с численностью годовалых особей.
- ❷ Для литорали восточной части Мурманского побережья Баренцева моря типичны поселения *Macoma balthica* с численностью менее 100 экз./м<sup>2</sup>, и эти поселения не достигают плотностей, которые показаны для поселений на литорали Западного Мурмана и в Кольском заливе.
- ❸ Среднее обилие *Macoma balthica* в поселениях Белого моря и Кольского залива Баренцева моря выше, чем в других частях ареала, а биомасса сравнима со значениями в центральной части ареала.

- 4 Макомы в Баренцевом море гетерогенны по скорости роста: Максимальный годовой прирост отмечен у особей среднего размера (возраста) — 6 — 9 мм в среднем горизонте литорали. В пределах Восточного Мурмана средний годовой прирост особей *Macoma balthica* увеличивается в более восточных районах по сравнению с западными.



- 4 Макомы в Баренцевом море гетерогенны по скорости роста: Максимальный годовой прирост отмечен у особей среднего размера (возраста) — 6 — 9 мм в среднем горизонте литорали. В пределах Восточного Мурмана средний годовой прирост особей *Macoma balthica* увеличивается в более восточных районах по сравнению с западными.
- 5 В пределах европейской части ареала особи *Macoma balthica* из поселений в Белом и Баренцевом морях характеризуются минимальными скоростями роста. При этом нет принципиальных различий в скорости роста беломорских и баренцевоморских маком.

- 4 Макомы в Баренцевом море гетерогенны по скорости роста: Максимальный годовой прирост отмечен у особей среднего размера (возраста) — 6 — 9 мм в среднем горизонте литорали. В пределах Восточного Мурмана средний годовой прирост особей *Macoma balthica* увеличивается в более восточных районах по сравнению с западными.
- 5 В пределах европейской части ареала особи *Macoma balthica* из поселений в Белом и Баренцевом морях характеризуются минимальными скоростями роста. При этом нет принципиальных различий в скорости роста беломорских и баренцевоморских маком.
- 6 Численность спата *Macoma balthica* в Белом море может варьировать на порядок в пределах незначительной акватории (от тысяч до десятков тысяч экз./м<sup>2</sup>).

- 4 Макомы в Баренцевом море гетерогенны по скорости роста: Максимальный годовой прирост отмечен у особей среднего размера (возраста) — 6 – 9 мм в среднем горизонте литорали. В пределах Восточного Мурмана средний годовой прирост особей *Macoma balthica* увеличивается в более восточных районах по сравнению с западными.
- 5 В пределах европейской части ареала особи *Macoma balthica* из поселений в Белом и Баренцевом морях характеризуются минимальными скоростями роста. При этом нет принципиальных различий в скорости роста беломорских и баренцевоморских маком.
- 6 Численность спата *Macoma balthica* в Белом море может варьировать на порядок в пределах незначительной акватории (от тысяч до десятков тысяч экз./м<sup>2</sup>).
- 7 Динамика численности годовалых особей *Macoma balthica* позволяет говорить о не ежегодном успехе пополнения их поселений в Белом море.

- 8 Динамика численности *Macoma balthica* в Кандалакшском заливе Белого моря демонстрирует элементы синхронности в поселениях, расположенных на расстоянии от 1 до 100 км. Кроме того, показано что численность маком оказывается выше в годы с холодными зимами.

- 8 Динамика численности *Macoma balthica* в Кандалакшском заливе Белого моря демонстрирует элементы синхронности в поселениях, расположенных на расстоянии от 1 до 100 км. Кроме того, показано что численность маком оказывается выше в годы с холодными зимами.
- 9 Динамика размерной структуры поселений *Macoma balthica* в Белом и Баренцевом представлена двумя типами.  
Более распространенный вариант: чередование бимодального и мономодального распределение особей по размерам. При этом первый пик формируют молодые особи (обычно длиной до 5 мм), а в случае бимодальной добавляется второй модальный класс из взрослых особей (в Белом море длиной 9 – 12 мм, в Баренцевом 10 – 17 мм). В Баренцевом море часто новое пополнение происходит до ухода старшей генерации и наблюдается три модальных группы. В некоторых условиях формируется более редкий тип динамики с ежегодным повторением мономодальной размерной структуры.

# Публикации по теме диссертации

- статьи: 5, из них 2 в журналах из списка ВАК
- тезисы докладов и материалы конференций: 9

- 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

# Благодарности

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