

0.1. Анализ динамики численности *Macoma balthica*

При изучении динамики численности можно анализировать несколько компонентов. Первый компонент — наличие или отсутствие тренда как направленного изменения численности. При убирании тренда остается компонент динамики, для которого двумя крайними случаями будет: стабильная численность, которая поддерживается за счет плотностнозависимых процессов как систем обратной связи и неконтролируемый рост численности популяции по экспоненте.

Мы проанализировали динамику численности *M. balthica* на каждом участке на наличие тренда при помощи теста Мантеля (табл. 1).

Таблица 1. Выявление трендов в динамике численности *Macoma balthica* на различных участках Белого моря.

Участок	<i>Mantel</i>	<i>p</i>	наличие тренда
Эстуарий р. Лувеньга	0,3168	0,003	есть
о. Горелый	0,0269	0,368	нет
материковая литораль (Лувеньга)	0,6103	0,001	есть
Южная губа о. Ряшков	0,3687	0,015	есть
Западная Ряшкова сала	0,0108	0,404	нет
Ломнишный	-0,0999	0,47	нет
г. Медвежья	0,0154	0,391	нет
г. Сельдяная	0,2524	0,005	есть

Было показано наличие тренда на 4 участках: эстуарий р. Лувеньга, материковая литораль в районе пос. Лувеньга, Южная губа о. Ряшкова, г. Сельдяная. Для удаления тренда из исходных значений были вычтены предсказанные значения из регрессионной модели $N = a + b * T$, где N — численность, экз./м², T — годы. По детрендрованному ряду были рассчитаны частные автокорреляции (*PRCF* - partial rate correlation function). Коррелограммы представлены на рисунке 1.

Для большинства временных рядов значение максимального значения достигает *PRCF* с лагом 1, что характерно для динамики в отсутствие тренда. Достоверность част-

ных автокорреляций оценивалась пермутационным методом. Для участков в Южной губе о. Ряшкова и на материковой литорали в Лувеньге были показаны достоверные значения $PRCF[2]$, причем в Южной губе $PRCF[2] > PRCF[1]$. Это показывает наличие в поселении плотностнозависимых процессов второго порядка. Предположительно, это может быть воздействие хищников. Мы надеемся проверить эту гипотезу в ходе дальнейших наблюдений. Биологическая интерпретация $PRCF$ с большим лагом на настоящий момент представляется нам сомнительной.

0.2. Синхронность динамики численности *Macoma balthica*.

Для изучения синхронности колебаний численности маком мы использовали тест Мантеля. Для включения большего количества рядов в анализ, он был проведен по двум наборам данных. Первый набор данных включал участки, где при отборе проб промывка была на сите с диаметром ячеек 0,5 мм. Сюда вошли участки в эстуарии р. Лувеньги, на материковой литорали в районе Лувеньги, на о. Горелый, в Западной Ряшковой салме и в губах Медвежья и Сельдяная. Результаты корреляционного анализа представлены в таблице 3. Три участка в районе Лувеньгских шхер (эстуарий р. Лувеньги, о. Горелый,

Таблица 2. Синхронность динамики численности *Macoma balthica*.

$Mantelr \setminus p_{perm}$	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
[1] эстуарий р. Лувеньги		0,003	0,007	0,001	0,224	0,454
[2] о. Горелый	0,929		0,007	0,001	0,374	0,093
[3] г. Медвежья	0,821	0,86		0,002	0,16	0,452
[4] материковая литораль (Лувеньга)	0,781	0,784	0,704		0,05	0,129
[5] г. Сельдяная	0,089	-0,009	0,087	0,364		0,821
[6] Западная Ряшкова салма	-0,045	0,057	-0,05	0,284	-0,141	

Примечание: Нижняя половина таблицы — значение теста Мантеля, верхняя половина — уровень значимости, определенный пермутационным методом.

Желтым выделены значения с уровнем значимости $< 0,1$.

материковая литораль) демонстрировали синхронную динамику поселений. С данными

участками была синхронна динамика поселения маком в г. Медвежья. Низкая (0,36), хотя и достоверная корреляция была показана между динамикой на материковой литорали в районе Лувеньги и в г. Сельдяной.

Второй набор данных включал участки, где при отборе проб промывку проводили на сите с диаметром ячеек 1 мм. Также сюда вошли те участки из предыдущего набора данных, где была известна размерная структура моллюсков — из общей численности были вычтены особи длиной менее 1 мм для возможности сравнения. Всего в данный анализ вошло 8 рядов данных: эстуарий р. Лувеньги, материковая литораль в районе Лувеньги, о. Горелый, Западная Ряшкова салма, Южная губа о. Ряшкова, о. Ломнишний, б. Ключиха и Сухая салма (табл. 2). Интересно отметить, что при редукции дан-

Таблица 3. Синхронность динамики численности *Macoma balthica*.

<i>Mantelr \ p_{perm}</i>	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
[1] эстуарий р. Лувеньги		0,082	0,646	0,995	0,029	0,482	0,013	0,19
[2] о. Горелый	0,176		0,067	0,73	0,001	0,261	0,986	0,001
[3] б. Ключиха	-0,046	0,52		0,673	0,034	0,213	0,062	0,065
[4] о. Ломниш- ный	-0,451	-0,181	-0,22		NA	1	0,088	0,341
[5] материко- вая литораль (Лувеньга)	0,32	0,862	0,577	NA		0,117	NA	0,006
[6] Сухая салма	-0,019	0,067	0,085	-1	0,443		0,688	0,314
[7] Южная губа о. Ряшкова	0,419	-0,332	0,434	0,333	NA	-0,243		0,605
[8] Западная Ряш- кова салма	0,114	0,86	0,72	0,093	0,755	0,088	-0,048	

Примечание: Нижняя половина таблицы — значение теста Мантеля, верхняя половина — уровень значимости, определенный пермутационным методом.

Желтым выделены значения с уровнем значимости $< 0,1$.

NA — ряды не пересекаются во времени.

ных до численности особей длиной более 1 мм картина меняется. Без изменения остается

только синхронность динамик поселений маком на о. Горелый и материковой литорали в Лувеньге. В то же время поселение в Западной Ряшковой салме, который в предыдущем анализе показывало асинхронность по сравнению с остальными участками, в данном случае демонстрирует синхронность с поселениями на о. Горелый и материковой литорали в Лувеньге. Также синхронность динамик численности маком показана для поселений в эстуарии р. Лувеньга и Южной губе о. Ряшкова.

Мы использовали значение теста Мантеля как меру сходства рядов данных для тестирования гипотезы, что на более близкорасположенных участках динамика численности *Masoma balthica* более сходна. Для этого по координатам участков была рассчитана матрица расстояний между участками (табл. 4).

Таблица 4. Расстояние между исследованными участками литорали.

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
[1] материковая литораль (Лувеньга)	0,0									
[2] о. Горелый	1,5	0,0								
[3] эстуарий р. Лувеньги	1,0	1,0	0,0							
[4] Южная губа о. Ряшкова	11,7	10,7	11,7	0,0						
[5] о. Ломнишный	13,5	12,9	13,8	3,7	0,0					
[6] Западная Ряшкова салма	11,9	10,8	11,8	1,7	5,3	0,0				
[7] г. Сельдяная	93,6	94,0	94,5	87,8	84,1	89,3	0,0			
[8] г. Медвежья	91,9	92,4	92,8	86,1	82,4	87,6	1,7	0,0		
[9] Сухая салма	97,1	97,5	97,9	91,2	87,6	92,7	3,5	5,1	0,0	
[10] б. Ключиха	100,1	100,6	101,0	94,8	91,1	96,3	8,1	9,7	5,8	0,0

Примечание: Расстояние дано в километрах.

Для обоих наборов данных тест Мантеля показал отсутствие зависимости сходства динамики численности маком от расстояния ($Mantelr = -0,135(p_{perm} = 0,839)$ и $Mantelr = -0,1015(p_{perm} = 0,644)$ для первого и второго набора данных, соответственно).

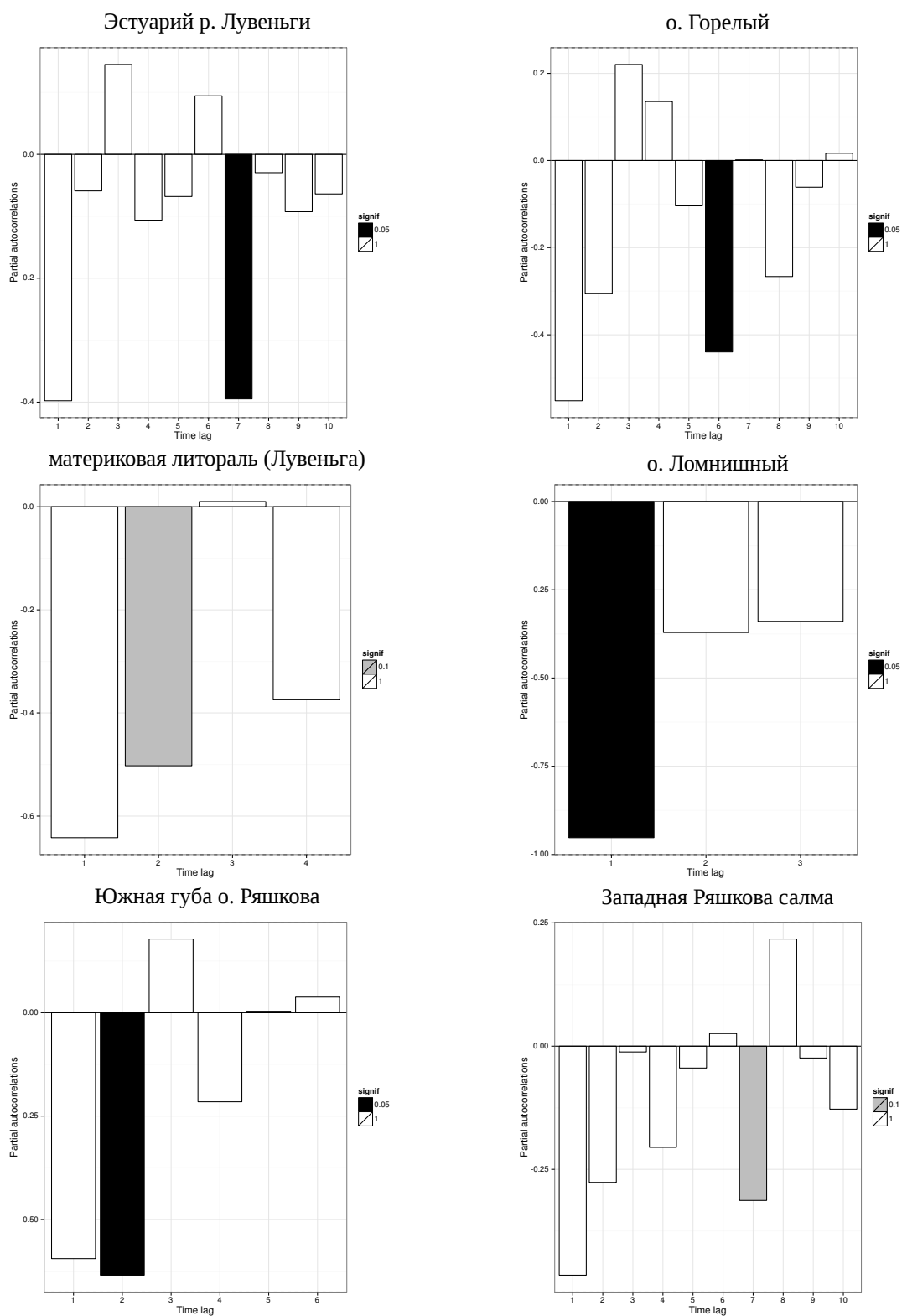


Рис. 1. Частные корреляции численности *Macoma balthica* (без учета особей длиной менее 1 мм) в Кандалакшском заливе. Детрендрированные данные. Оценка достоверности пермутационным методом.

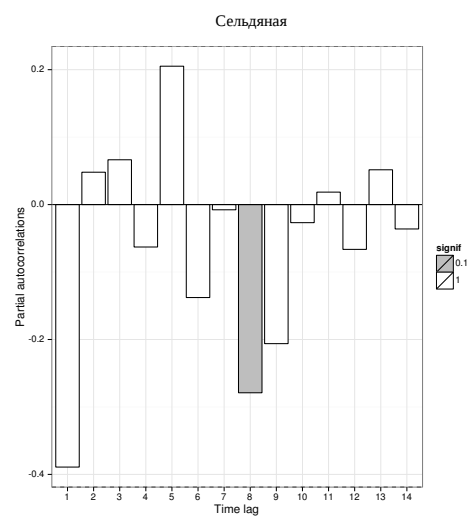
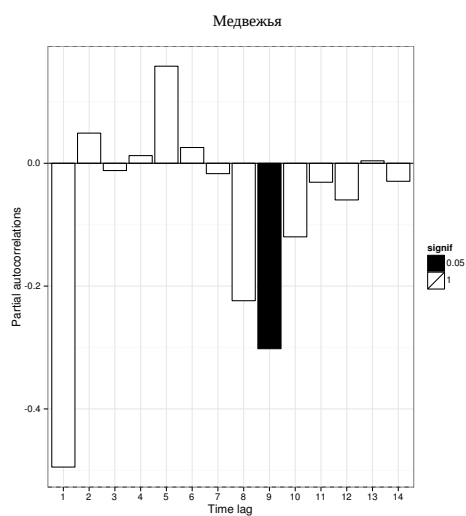


Рисунок 1, продолжение. Частные автокорреляции численности *Macoma balthica* (без учета особей длиной менее 1 мм) в Кандалакшском заливе. Детреднированные данные. Оценка достоверности пермутационным методом.