

МНОГОЛЕТНЯЯ СТАБИЛЬНОСТЬ РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ЛИТОРАЛЬНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ БЕЛОГО МОРЯ

LONG-TERM STABILITY OF THE WHITE SEA LITTORAL INVERTEBRATE SIZE-AGE STRUCTURE

A. Zorina
G. Shklyarevich

Summary. In this work, we studied patterns in the age-related variability of size characteristics of four common invertebrate species (*Semibalanus balanoides*, *Littorina obtusata*, *Littorina saxatilis*, *Mytilus edulis*) on the Cape Turie, Porya Bay, Luvenga, Ryashkov littoral zone in Kandalaksha Bay for the period 1998–2021. *Mytilus edulis* is characterized by the greatest age diversity: from 0+ to 14+ at all studied sites. The greatest growth of *Semibalanus balanoides* occurs in the first year. For all studied species, a linear pattern was established, reflecting the general tendency for the size characteristics of individuals to increase with age, regardless of the littoral zone location. The revealed linear relationship reflects the incompleteness of the species growth processes, the absence of mussel jars aging and their constant rejuvenation under the influence of a birds that intensively feed on invertebrates. Thus, the long-term stability of four species size-age structure, which are the most important trophic components of the White Sea shallow-water ecosystems, is shown within the specially protected natural area of the Kandalaksha Nature Reserve.

Keywords: invertebrates, shallow-water marine ecosystems, long-term stability, species size and age structure, reserve.

Зорина Анастасия Александровна

Кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
zor-nastya@yandex.ru

Шкляревич Галина Андреевна

Доктор биологических наук, профессор, независимый исследователь
zor-nastya@yandex.ru

Аннотация. В данной работе изучены закономерности в возрастной изменчивости размерных характеристик четырех массовых видов беспозвоночных животных (*Semibalanus balanoides*, *Littorina obtusata*, *Littorina saxatilis*, *Mytilus edulis*) на литорали Турьего мыса, Порьей губы, Лувеньги, о. Ряшков в Кандалакшском заливе за период 1998–2021 гг. Наибольшим возрастным разнообразием характеризуется *Mytilus edulis*: от 0+ до 14+ на всех исследованных полигонах. Максимальный прирост *Semibalanus balanoides* происходит в первый год жизни. Для всех изученных видов установлена достоверная линейная закономерность, отражающая общую тенденцию увеличения размерных характеристик особей с возрастом вне зависимости от расположения литоральной зоны. Выявленная зависимость отражает незавершенность ростовых процессов изученных видов, отсутствие старения мидиевых банок и их постоянное омоложение благодаря высокой численности птиц, которые питаются беспозвоночными. Таким образом, показана многолетняя стабильность размерно-возрастной структуры четырех видов, являющихся важнейшими компонентами трофической составляющей мелководных экосистем Белого моря в пределах особо охраняемой природной территории Кандалакшского заповедника.

Ключевые слова: беспозвоночные, мелководные морские экосистемы, многолетняя стабильность, размерно-возрастная структура, заповедник.

Мелководные экосистемы северных морей одновременно характеризуются своей высокой продуктивностью и хрупкостью. Проблемы их сохранения усложняются интенсивным антропогенным воздействием на отдельные компоненты и структуру в целом (например, трофическую) и текущими климатическими изменениями [1].

Острова Белого моря — это места гнездования более 100 тысяч морских и прибрежных птиц, кормежки и отдыха во время весеннего и осеннего пролетов миллионов водоплавающих и околководных представителей, линьки десятков тысяч различных морских и речных уток [1]. Среди них особо выделяется обыкновенная гага (*Somateria mollissima* Linnaeus, 1758), как наиболее многочисленная птица северных широт [6]. Потребляемая взрослыми птицами за год общая масса беспозвоночных животных на Белом море составляет от 20 до 30 тыс. т;

на долю моллюсков приходится 17–25 тыс. т [3]. В список беспозвоночных, которыми питается гага обыкновенная, входит как минимум 53 вида или 38 % беспозвоночных животных (из 104 видов) и 11 % водорослей (из 12 видов) беломорской мелководной заповедной акватории. Выявлены и другие виды морских и речных уток (например, 5 видов куликов и 3 вида чаек) в рацион питания которых входят беспозвоночные, но их роль в обеспечении стабильности данных видов несопоставимо мала [2, 4, 10].

Исследования трофической структуры прибрежных экосистем показывают высокую взаимосвязь видов «морской зообентос — птицы, рыбы и другие морские и прибрежные околководные животные». Консументы возвращают метаболиты в окружающую среду, о чем свидетельствует продуктивность водных сообществ, что в целом представляет собой неразрывную единую жи-

вую экосистему [10]. Однако поддержание целостности и многолетней стабильности подобных экологических отношений сохраняется только в заповедных мелководных акваториях благодаря высокой численности птиц, интенсивно кормящихся беспозвоночными. Под действием негативных факторов среды (антропогенных, климатических) колебания численности трофических компонентов могут сопровождаться их полной гибелью. Наглядный пример — исчезновение отдельных мидиевых банок по окончании их жизненного цикла, при этом элиминированные экосистемы мидий восстанавливаются по истечении довольно продолжительного времени [10].

В рамках данного исследования рассмотрена многолетняя изменчивость размерно-возрастных характеристик четырех массовых видов беспозвоночных животных заповедной мелководной зоны Кандалакшского залива за период 1998–2021 гг. с целью подтверждения стабильности структуры сообществ в условиях минимального антропогенного воздействия.

Материал и методы

Для сбора исходных данных общепринятые методы морских гидробиологов [7, 13]. Работа проводилась в период 1998–2021 гг. на заповедной литорали Кандалакшского залива. Четыре мониторинговых полигона были выбраны для многолетних исследований: Турий мыс, Порья губа, Лувеньга и о. Ряшков.

Одна из самых распространенных гильдий (отдельная группа функционально сходных видов, сильно взаимодействующих друг с другом и слабее с остальными видами и сообществами экосистемы) в Кандалакшском заповеднике — «*Mytilus edulis* Linnaeus, 1758 + *Somateria mollissima* Linnaeus, 1758» [9, 11].

Характеристика полигонов и особенности отбора проб:

- плоские песчано-каменистые участки разной степени заиленности грунта;
- равномерные плотные локальные поселения *Mytilus edulis*;
- размер 100–400 м²;
- в среднем и нижнем горизонтах литорали;
- ежегодный сбор проб в первой половине июля;
- ежегодный отбор 5 проб с каждого участка;
- случайное определение места отбора проб;
- размер пробной площади для каждого вида — 0.1 м²;
- глубина грунта пробных площадей — 15–20 см;
- *Semibalanus balanoides* осторожно и тщательно срезались скальпелем с поверхности камней.

Первичная обработка проб проводилась сразу после их отбора: грунт промывали морской водой через

сито (ячейки 1 мм²), все животные разбирались по видам, подсчитывались, сушились на фильтровальной бумаге, взвешивались. Беспозвоночные до 500 мг взвешивались с точностью до 0.001 г, остальные — до 0.01 г (по стандартной методике).

Кроме мидий и баянусов мониторинговыми объектами отнесли два вида брюхоногих моллюсков *Littorina obtusata* Linnaeus, 1758 и *Littorina saxatilis* Olivi, 1792, которые также являются важными трофическими компонентами беломорских мелководных экосистем [9].

Обработка данных проводилась в программах Excel, STATGRAPHICS и PAST. Для наглядного представления результатов применения регрессионного анализа на графиках строили линию тренда с уравнением и величиной достоверности аппроксимации (R^2) [5].

Результаты

Была проведена обработка многолетних данных (с 1998 до 2021 гг.) по изменению размерных характеристик массовых видов мелководных беспозвоночных животных в зависимости от возраста для всех полигонов: Турий мыс, Порья губа, Лувеньга, о.Ряшков. Пример подобных результатов для дальнейшего анализа представлен в таблице 1.

В сборах проб соотношение особей *Semibalanus balanoides*, *Littorina obtusata*, *Littorina saxatilis* и *Mytilus edulis* разных возрастов на обследованных территориях в разные годы существенно менялось. Например, максимальный размах возрастной изменчивости для *Semibalanus balanoides* составил от 0+ до 9+ на полигоне Турьего мыса, при этом в 2014 году представлены все особи всех возрастов, кроме однолетних, тогда как в 2002 г. — только животные 1+ и 2+.

С учетом всех обследованных полигонов возрастная изменчивость *Littorina obtusata* укладывается в 10 лет (от 0+ до 10+), но все одиннадцать возрастных категорий нигде не встречаются. Максимальное разнообразие наблюдается на литорали о.Ряшков в 2003 г.: от 1+ до 8+ и 10+, но преобладают данные за два года жизни особей. В то же время в определенные года отбора проб особей *Littorina obtusata* обнаружено не было, например, на акватории Турьего мыса в 2003–2005 гг. и в 2015 г. Возраст *Littorina saxatilis* меняется от 0+ до 10+, при этом особи всех 11-и лет были собраны на мелководье в Лувеньге в 2004 году и не были обнаружены в 1999 г. (табл. 1).

Наибольшим возрастным разнообразием на всех обследованных полигонах характеризуется *Mytilus edulis*: от 0+ до 14+ (табл. 1), но ни на одном из них полный возрастной ряд представлен не был. Например, в 1998 г. на литорали Лувеньги собраны особи практически

Таблица 1
Изменение размерных характеристик массовых видов ракушек массовых видов мелководных беспозвоночных животных в зависимости от возраста на полигоне в Лувенье

| Год \ Возраст | 0+ | 1+ | 2+ | 3+ | 4+ | 5+ | 6+ | 7+ | 8+ | 9+ | 10+ | 11+ | 12+ | 13+ | 14+ |
|---|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Изменение высоты ракушки <i>Littorina saxatilis</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| 1998 г. | 3,18±0,14 | 4,15±0,09 | 4,86±0,14 | 7,17±0,44 | 8,00±0,10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1999 г. | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2000 г. | 3,00±0,01 | 3,80±0,25 | 4,50±0,10 | - | 5,50±0,10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2001 г. | 1,55±0,05 | 1,87±0,14 | 2,94±0,09 | 3,63±0,18 | 4,61±0,15 | 5,28±0,08 | 6,50±0,20 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2002 г. | 0,63±0,09 | 1,40±0,19 | 2,01±0,18 | 3,51±0,22 | 4,20±0,14 | 5,40±0,20 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2003 г. | 1,50±0,53 | 1,90±0,23 | 2,25±0,15 | 3,77±0,28 | 4,74±0,17 | 5,88±0,20 | 6,35±0,25 | 7,77±0,34 | 9,03±0,03 | - | - | - | - | - | - |
| 2004 г. | 1,20±0,01 | 2,00±0,01 | 2,50±0,28 | 3,50±0,21 | 4,50±0,23 | 5,80±0,30 | 6,80±0,10 | 7,60±0,01 | 8,40±0,31 | 11,20±0,01 | 13,20±0,01 | - | - | - | - |
| 2005 г. | - | 2,40±0,40 | 3,55±0,29 | 4,90±0,31 | 7,00±0,38 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2006 г. | - | - | 3,20±0,23 | 6,65±0,45 | 9,40±0,10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2007 г. | - | 1,86±0,06 | 2,57±0,12 | 5,20±0,10 | 5,40±0,11 | 6,80±1,00 | 6,95±0,05 | 8,88±0,59 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2008 г. | - | - | 3,55±0,45 | 4,23±0,13 | 4,83±0,18 | 6,10±0,06 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2009 г. | - | - | 3,40±0,10 | 4,50±0,17 | 5,90±0,20 | 7,56±0,19 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2010 г. | - | - | 4,15±0,05 | 4,50±0,29 | 5,20±0,11 | - | - | 8,00±0,11 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2011 г. | - | - | 4,10±0,06 | 4,30±0,11 | 5,90±0,21 | 6,50±0,15 | 8,00±0,11 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2012 г. | - | 2,10±0,06 | 3,40±0,20 | 4,80±0,32 | 5,70±0,31 | 6,40±0,16 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2013 г. | - | 2,55±0,16 | 3,03±0,25 | 5,01±0,22 | 6,77±0,11 | 7,20±0,26 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2014 г. | - | - | 3,00±0,12 | 3,90±0,25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2015 г. | - | - | - | 5,13±0,13 | 6,00±0,23 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2016 г. | 3,00±0,20 | 3,50±0,32 | - | 5,00±0,13 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2018 г. | - | - | 6,50±0,46 | 8,05±0,65 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2019 г. | - | - | 6,45±0,33 | 7,77±0,47 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2021 г. | 2,77±0,12 | 4,38±0,13 | 5,00±0,50 | 6,55±1,55 | 6,50±0,16 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Изменение длины ракушки <i>Mytilus edulis</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1998 г. | 3,97±0,19 | 6,67±0,25 | 10,50±0,00 | 12,83±1,45 | 18,33±0,59 | 22,41±0,44 | 25,08±0,51 | 26,25±0,25 | - | 28,5±0,20 | 30,22±0,30 | 32,79±0,24 | 35,13±1,20 | 35,50±0,00 | 39,50±0,00 |
| 1999 г. | 3,60±0,36 | 7,98±0,10 | 10,41±0,27 | 12,86±0,18 | 15,67±0,40 | 21,01±0,63 | 24,75±0,47 | 29,45±0,60 | 31,69±1,15 | 32,33±0,99 | 35,33±0,24 | 40,20±0,10 | - | - | - |
| 2000 г. | 6,14±0,13 | 11,33±0,24 | 15,11±0,22 | 18,41±0,19 | 21,14±0,33 | 23,37±0,36 | 26,17±0,52 | 28,08±0,57 | 32,00±1,00 | 31,50±0,10 | 38,00±0,10 | 44,00±0,10 | - | 51,00±0,10 | - |
| 2001 г. | 3,96±0,13 | 7,00±0,11 | 10,14±0,10 | 13,76±0,09 | 16,89±0,16 | 21,24±0,25 | 25,22±0,85 | 30,10±1,46 | 29,57±1,04 | - | 39,00±1,00 | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---|---|---|---|------------|
| 2002 г. | 2,96±0,15 | 5,69±0,17 | 9,71±0,17 | 14,46±0,11 | 18,56±0,12 | 22,60±0,34 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2003 г. | 2,44±0,16 | 4,76±0,18 | 9,22±0,41 | 12,50±0,24 | 17,58±0,31 | 20,56±0,35 | 23,27±0,39 | 23,97±0,77 | 23,40±3,30 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2004 г. | 2,47±0,17 | 4,83±0,13 | 7,08±0,16 | 11,28±0,34 | 15,25±0,39 | 20,80±0,46 | 24,67±0,47 | 26,61±1,00 | 30,60±1,11 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2005 г. | 3,62±0,23 | 4,20±0,01 | 5,79±0,14 | 9,68±0,18 | 12,18±0,26 | 15,60±0,19 | 18,12±0,22 | 19,76±0,23 | 20,44±0,39 | 22,72±0,25 | 24,42±0,46 | 27,33±0,63 | 29,72±0,90 | — | — | — | — | — | — |
| 2006 г. | 3,95±0,17 | 8,17±0,12 | 10,12±0,15 | 13,38±0,10 | 16,17±0,14 | 18,81±0,21 | 21,35±0,25 | 23,83±0,42 | 24,73±1,85 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2007 г. | 4,84±0,43 | 9,04±0,19 | 13,36±0,21 | 17,21±0,24 | 19,53±0,28 | 21,81±0,29 | 24,56±0,26 | 27,28±0,48 | 30,75±0,25 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2008 г. | 4,21±0,16 | 10,64±0,21 | 16,20±0,13 | 19,26±0,09 | 22,08±0,19 | 26,71±0,24 | 31,65±1,65 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2009 г. | 4,58±0,13 | 9,63±0,18 | 11,70±0,15 | 13,96±0,18 | 16,99±0,21 | 16,49±0,79 | 22,65±0,30 | 24,01±0,35 | 25,09±0,91 | 26,21±0,78 | 30,10±0,25 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2010 г. | 3,61±0,10 | 7,79±0,13 | 12,44±0,15 | 17,05±0,19 | 21,29±0,27 | 25,09±0,46 | 28,19±0,42 | 31,75±0,92 | 34,20±0,11 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2011 г. | 3,83±0,15 | 5,88±0,23 | 8,34±0,25 | 11,47±0,23 | 13,47±0,28 | 17,08±0,18 | 18,90±0,20 | 20,61±0,32 | 23,22±0,38 | 25,34±0,64 | 26,51±0,42 | 27,16±0,77 | 30,63±0,52 | 32,10±0,66 | — | — | — | — | — |
| 2012 г. | 5,00±0,15 | 9,50±0,31 | 11,50±0,32 | 13,05±0,35 | 15,95±0,21 | 17,50±0,11 | — | 39,20±0,11 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 45,50±0,15 |
| 2013 г. | 4,39±0,26 | 7,38±0,13 | 8,98±0,11 | 9,84±0,11 | 14,29±0,41 | 15,48±0,22 | 16,67±0,40 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2014 г. | 4,20±0,11 | 7,57±0,11 | 10,12±0,14 | 12,58±0,15 | 15,35±0,16 | 18,82±0,39 | 21,50±0,50 | 27,03±0,85 | 26,27±0,91 | 28,42±0,57 | 31,60±0,60 | 41,70±0,20 | — | — | — | — | — | — | — |
| 2015 г. | 3,00±0,16 | 7,82±0,18 | 16,23±0,22 | 22,10±0,51 | 28,19±1,71 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2016 г. | 3,45±0,17 | 5,31±0,12 | 8,45±0,19 | 12,63±0,37 | 16,99±0,44 | 20,09±0,54 | 24,41±0,61 | 28,29±1,32 | 29,27±0,99 | 34,03±2,19 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2018 г. | 4,34±0,30 | 6,01±0,29 | 7,50±0,18 | 11,30±0,13 | 15,48±0,45 | 20,44±0,53 | 23,72±0,92 | 28,33±1,27 | 27,67±1,15 | 33,23±1,00 | 37,44±1,25 | 40,90±1,45 | 40,40±2,80 | 39,00±0,40 | — | — | — | — | — |
| 2019 г. | 4,21±0,05 | 6,62±0,12 | 8,38±0,10 | 11,12±0,11 | 14,27±0,13 | 18,00±0,19 | 21,71±0,41 | 25,41±0,82 | 29,93±0,66 | 33,75±0,43 | — | 42,90±0,40 | — | — | — | — | — | — | — |
| 2021 г. | 4,33±0,15 | 8,00±0,20 | 10,02±0,13 | 13,17±0,18 | 16,33±0,23 | 21,15±0,62 | 22,93±0,54 | 25,47±1,67 | 31,37±1,00 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

В 2017 и 2020 годах сбор материала не проводился.

Источник: Составлено автором

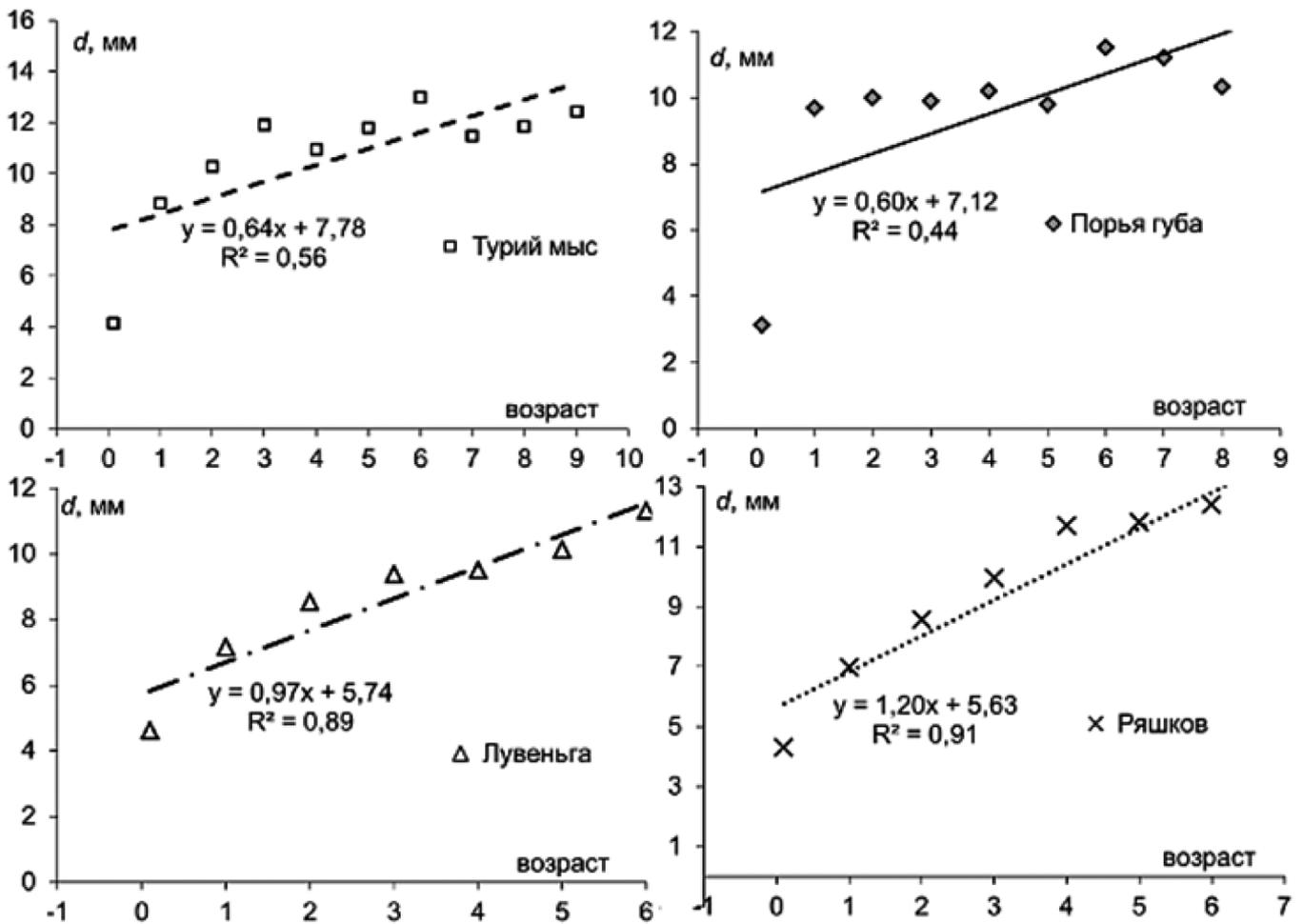
всего указанного возрастного диапазона, кроме 8+, а в 2011 г. — кроме 14+ (табл. 1).

Для выявления или подтверждения зависимости размерных характеристик мелководных беспозвоночных животных от возраста использовался ранговый коэффициент корреляции Спирмена (большинство выборок не соответствуют закону нормального распределения). Поэтому, несмотря на величины аппроксимации, наши статистические выводы не всегда соответствовали достоверности R^2 на графиках. Например, с помощью регрессионного анализа для *Semibalanus balanoides* с полигонов Турьего мыса и Порьей губы выявлена достоверная, но средняя линейная зависимость диаметра особей от их возраста (рис. 1). Однако на величину R^2 и построение линейной регрессии существенное влияние оказывает большая разница между текущим (0+) и первым (1+) годами жизни, тогда как в последующие годы достоверных изменений нет. Это подтверждается результатами применением коэффициента Спирмена ($p > 0.05$, рис. 1).

Для *Semibalanus balanoides* с литоральной зоны Лувеньги и о.Ряшков выявлена достоверная линейная зависимость ($p < 0.05$), характеризующая постепенное увеличение диаметра особей с возрастом. Однако сохраняется выявленная ранее закономерность: наибольший прирост животных в первый год жизни (рис. 1).

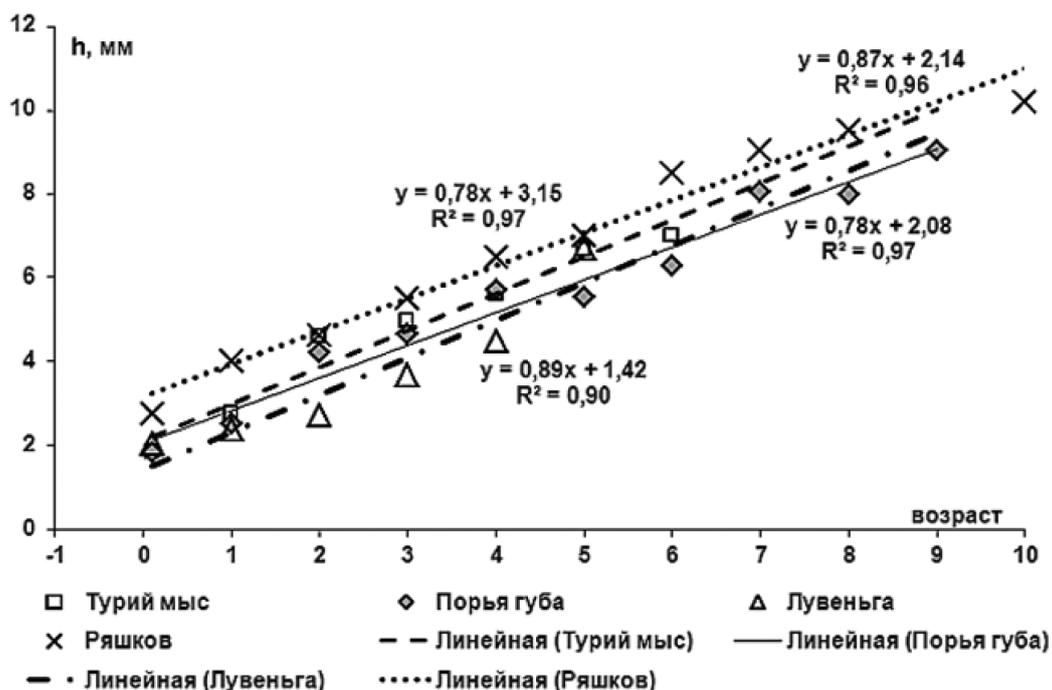
При изучении изменчивости высоты раковины (h , мм) *Littorina obtusata* на всех полигонах в Кандалакшском заливе (Турый мыс, Порья губа, Лувеньга, Ряшков) за период 1998–2021 г. была установлена достоверная сильная линейная зависимость ($p < 0.05$, рис. 2) высоты раковины особей от их возраста: чем старше особь, тем выше раковина.

Аналогичная положительная достоверная линейная зависимость ($p < 0.05$, рис. 3) высоты раковины от возраста особей была выявлена для *Littorina saxatilis* со всех исследуемых литоральных участков в Кандалакшском заливе Белого моря с 1998 по 2021 г. Размах изменчивости между разными мелководными зонами залива для дан-



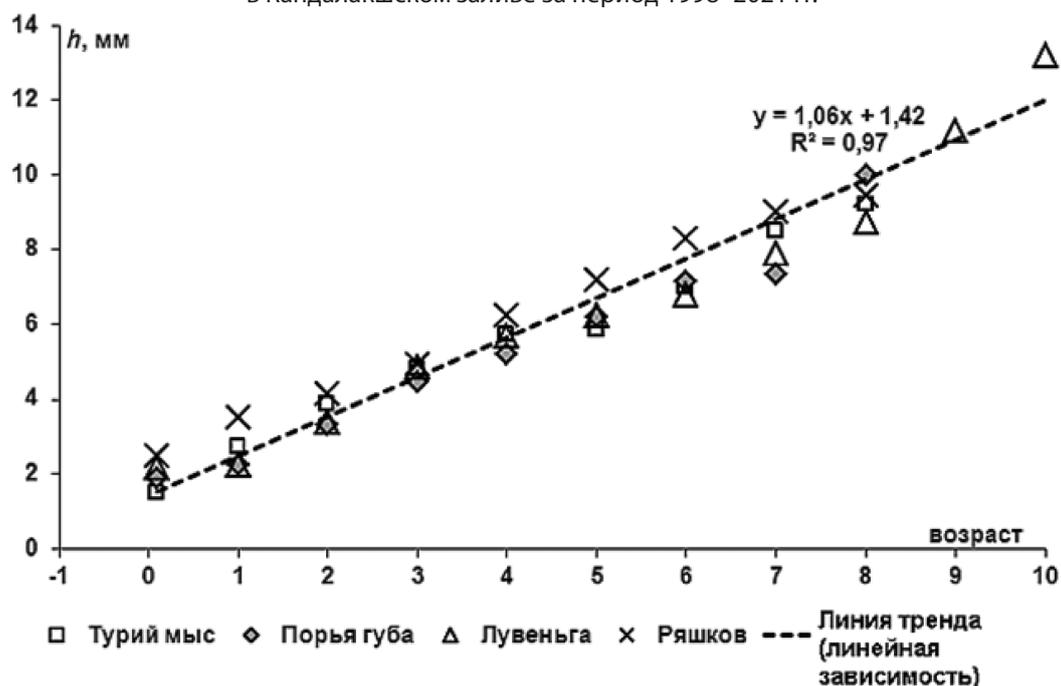
Источник: составлено автором

Рис. 1. Изменение диаметра (d , мм) *Semibalanus balanoides* в зависимости от возраста на литорали в Кандалакшском заливе за период 1998–2021 гг.



Источник: составлено автором

Рис. 2. Изменение высоты раковины (h , мм) *Littorina obtusata* в зависимости от возраста на литорали в Кандалакшском заливе за период 1998–2021 гг.

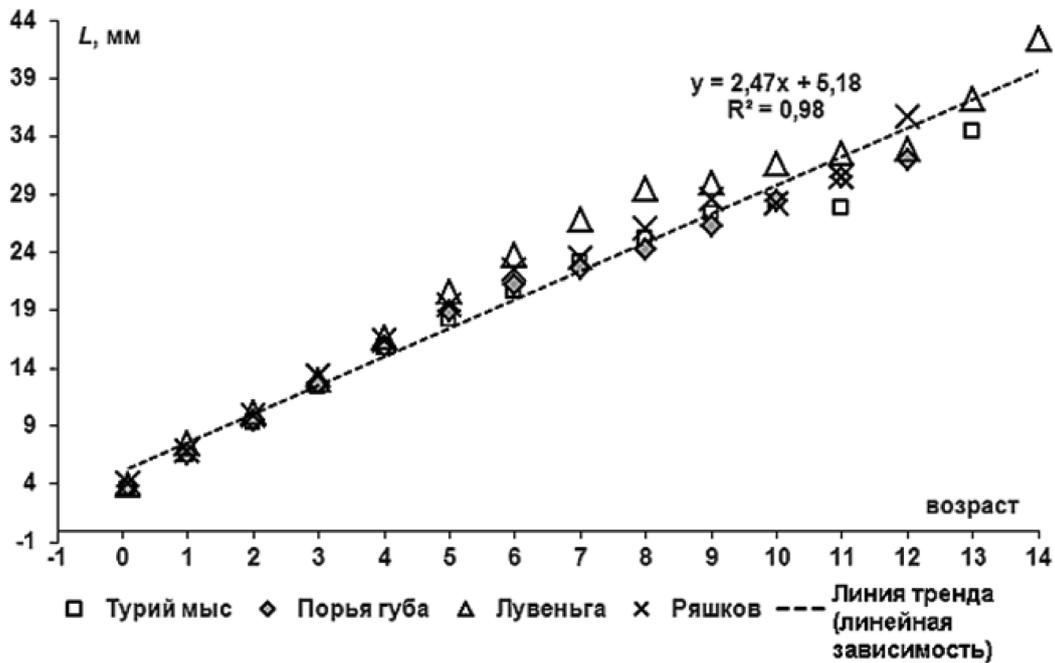


Источник: составлено автором

Рис. 3. Изменение высоты раковины (h , мм) *Littorina saxatilis* в зависимости от возраста на литорали в Кандалакшском заливе за период 1998–2021 гг.

ной зависимости оказался намного ниже, построенные линии тренда по основным параметрам существенно не изменялись. Поэтому на графике отражена усредненная линейная закономерность, отражающая общую тенденцию изменчивости признака с возрастом (рис. 3).

Несмотря на разные размерные характеристики видов мелководных беспозвоночных, как и в случае *Littorina saxatilis*, для разновозрастных особей *Mytilus edulis* была установлена положительная достоверная линейная зависимость ($p < 0,05$) и построен усредненный тренд изменчивости длины раковины особей от их воз-



Источник: составлено автором

Рис. 4. Изменение длины раковины (L, мм) *Mytilus edulis* в зависимости от возраста на литорали в Кандалакшском заливе за период 1998–2021 гг.

раста (рис. 4). В возрасте 0+ до 6+ размах изменчивости признака между особями из разных исследовательских полигонов (Турий мыс, Порья губа, Лувеньга, Ряшков) оказался минимальным. Начиная с 7-летнего возраста изменчивость увеличивается, в основном за счет данных по Лувеньге. Хочется отметить, что полный ряд данных по особям от 0+ до 14+ лет был собран только на полигоне Лувеньги. Увеличение размаха изменчивости не оказывает достоверного влияния на выявленную закономерность: чем старше особь, тем длиннее раковина (рис. 4).

Обсуждение

Двустворчатые моллюски мидии *Mytilus edulis* — самый массовый представитель, живущий на литорали и в верхней sublиторали Белого моря [1]. На мониторинговых полигонах сообщества мидий из 10–15 видов и групп беспозвоночных составляют основную трофическую компоненту мелководных экосистем. Количественные показатели *Mytilus edulis*, как доминанта, на порядок и более превосходят плотность и биомассу всех других членов сообщества. К субдоминантам относятся *Gammarus* sp. Fabricius, 1775, *Limecola balthica* Linnaeus, 1758, *Littorina obtusata*, *Littorina saxatilis*, *Hydrobia ulvae* Pennant, 1777, *Nematodes* g. sp., *Oligochaeta* g. sp. На возвышающихся каменистых фракциях обитают усоногие ракообразные баянусы. Второстепенными видами сообщества мидий являются: *Lineus* sp. Gunnerus, 1770, *Sternula albifrons* Pallas, 1764 и *Polydora* sp. Bosc d'Antic, 1802; остальные случайные [1, 10, 14].

Межгодовая изменчивость биомассы мидий зависит от абиотических факторов окружающей среды (например, ледовая ситуация в осенне-зимне-весенние периоды и колеблющаяся термогалинная составляющая гидрологического режима), а также от биотических внутри- и межвидовых отношений на разных участках Кандалакшского залива [13]. Если наблюдается слабое влияние птиц и рыб, то мидиевые поселения в большей степени разреживаются льдом. Восстановление поселений мидий происходит за счет регулярно оседающей из планктона молоди [12].

Исследованные участки мидиевых поселений в пределах заповедника характеризуются разнообразием видов животных (от беспозвоночных до рыб, птиц и крупных млекопитающих). Подобные гильдии используют плотные мидиевые поселения в качестве трофического компонента. Хищническая деятельность всех членов «мидиевой» гильдии [11] оказывает прореживающее воздействие, вызывает положительное омолаживающее влияние на исследованные мидиевые поселения и их сообщества. Выведание мидий птицами приводит к непрерывной стабильности мелководных беломорских экосистем [10]. Это доказывается достоверным увеличением размерных характеристик особей беспозвоночных из мидиевых сообществ с возрастом вне зависимости от их вида (*Semibalanus balanoides*, *Littorina obtusata*, *Littorina saxatilis*, *Mytilus edulis*) и расположения литоральной зоны (Турий мыс, Порья губа, Лувеньга и о. Ряшков). Установленная зависимость характеризует незавершенность ростовых процессов беспозвоночных, отсутствие

старения мидиевых банок и их постоянное омоложение, что обеспечивает многолетнюю стабильность размерно-возрастной структуры тех видов, которые являются важными компонентами трофических экосистем мелководий Белого моря в пределах особо охраняемой природной территории.

За пределами заповедника с низкой численностью птиц, например, на мысе Картеш Губа Чупа (ББС ЗИН АН), многолетние наблюдения более 30 лет за мидиевыми банками показали четкую цикличность в 6–12 лет, а по завершении их цикла — полную гибель [8]. Таким образом, при отсутствии влияния естественных факторов и нормального функционирования их «гильдий» сукцессионные процессы приводят к старению мидий и, в конечном счете, полной гибели вида-эдификатора мидии и организуемых ею сообществ [15].

Заключение

Размерно-возрастной состав мониторинговых объектов является важной интегральной характеристикой состояния трофической составляющей беломорских мелководных экосистем. Чрезвычайно важно продолжать регистрировать эти показатели непрерывно в дальнейшем с целью определения качества или «состояния здоровья» окружающей среды в Кандалакшском заповеднике.

В данной работе изучены закономерности в возрастной изменчивости размерных характеристик четырех массовых видов беспозвоночных животных (*Semibalanus balanoides*, *Littorina obtusata*, *Littorina saxatilis*, *Mytilus edulis*) на литорали Турьего мыса, Порьей губы. Лувеньги, о. Ряшков в Кандалакшском заливе за период 1998–2021 г.

Для всех изученных видов установлена линейная закономерность, отражающая общую тенденцию увеличения размерных характеристик особей с возрастом. Показана многолетняя стабильность размерно-возрастной структуры четырех исследованных видов.

В результате наших исследований на мониторинговых полигонах была выявлена многолетняя стабильность трофической составляющей беломорских мелководных экосистем. Охраняемые мелководные сообщества беспозвоночных животных являются репродуктивным резерватом и гарантом сохранности биоразнообразия Белого моря в целом.

Благодарности

Авторы выражают благодарность администрации Кандалакшского заповедника и коллегам его научного отдела за благожелательную поддержку и техническую помощь при выполнении данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас биологического разнообразия морей и побережий российской Арктики / Под ред. Беликова С.Е., Горина С.Л., Иванова А.Н. и др. М.: WWF России, 2011. 64 с.
2. Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования / Под ред. Бергрер В.Я. СПб.: ЗИН. 1995. Ч. 2. 250 с.
3. Бианки В.В., Бойко Н.С., Нинбург, Е.А., Шкляревич Г.А. Питание обыкновенной гаги Белого моря // Экология и морфология гаг в СССР. М.: Наука, 1979. С. 126–170.
4. Бианки В.В. Птицы Белого моря. Автореферат дис. ... докт. биол. наук. СПб, 1993. 50 с.
5. Коросов А.В. Специальные методы биометрии. Петрозаводск: ПетрГУ, 2007. 364 с.
6. Краснов Ю.В., Шкляревич Г.А., Горяев Ю.В. Географическая и сезонная изменчивость питания обыкновенной гаги *Somateria mollissima* на Белом море // Экологические исследования беломорских организмов. Материалы 2-й международной конференции 18–22 июля 2007. СПб: ЗИН РАН. С. 62–63.
7. Кусакин О.Г. Население литорали // Океанология. Биология океана. Биологическая структура океана. Т.1. М.: Наука, 1977. С. 174–178.
8. Луканин В.В., Наумов А.Д., Федяков В.В. Поселения мидий: постоянное непостоянство // Природа. № 11. 1990. С. 56–62.
9. Наумов А.Д. Двустворчатые моллюски Белого моря. Опыт эколого-фаунистического анализа // Исследования фауны морей. Вып. 59 (67). СПб.: Зоологический институт РАН, 2006. С. 1–351.
10. Наумов А.Д. Двустворчатые моллюски Белого моря (эколого-фаунистический анализ). Автореферат дис. ... докт. биол. наук. СПб., 2004. 52 с.
11. Пианка Э. Эволюционная экология. М.: Мир, 1981. 399 с.
12. Силина А.Е., Прокин А.А. Изменение трофической структуры донных сообществ в сукцессионном ряду водоемов усманского бора // Трофические связи в водных сообществах и экосистемах. Материалы Международной конференции. Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН и др. 2003. С. 113–114.
13. Шкляревич Г.А. Межгодовая динамика массовых видов бентоса на литорали островов Кандалакшского залива Белого моря // Биология моря. 1980. № 5. С. 26–32.
14. Шкляревич Г.А. Таксономическая и биогеографическая структура литоральных беспозвоночных Кандалакшского и Онежского заливов Белого моря // Журн. Принципы экологии. 2013. № 4. С. 39–56.
15. Шкляревич Г.А., Моисеева Е.А. Антропогенное влияние регулируемого сброса пресных вод из систем ГЭС в Белое море на мелководных беспозвоночных // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. № 8 (153). 2015. С. 46–51.