

УДК 574.55:594.1

ФОРМА РАКОВИНЫ, РОСТ И ПРОДУКЦИЯ *ASTARTE BOREALIS* (SCHUMACHER, 1817) (ASTARTIDAE: BIVALVIA) В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

© 2014 г. А. А. Гусев, Л. В. Рудинская

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Калининград
e-mail: andgus@rambler.ru

Поступила в редакцию 17.01.2013 г., после доработки 18.03.2013 г.

Изучены связи между линейными и весовыми показателями, соотношение масс, рост и продукция двустворчатого моллюска *Astarte borealis* в юго-восточной части Балтийского моря. Максимальная длина раковины достигала 21.09 мм, возраст — 8+ лет. Линейный рост описывается уравнением Бергаланфи $L_{\tau} = 35.53(1 - e^{-0.0894(\tau - (-0.7354))})$. Годовая продукция составила 7.60 кДж/м² при значении P_{τ}/B -коэффициента 0.41. Установлено, что *A. borealis* из юго-восточной Балтики отличаются более низким темпом линейного роста от моллюсков, обитающих в других частях ареала, что связано с низкой соленостью Балтийского моря.

DOI: 10.7868/S0030157414040042

Двустворчатый моллюск *Astarte borealis* (Schumacher, 1817) — обитает в арктических и бореальных водах Северного Ледовитого, Тихого и Атлантического океанов [13, 19, 20, 36]. В Балтике этот вид встречается в глубоководных районах южной части моря: в Слупском желобе, Арконской и Борнхольмской впадинах [16, 21, 27, 35, 36, 37]. О его находке в Готландской впадине упоминается только в работах Ярвекюльга [14, 15]. *A. borealis* имеет относительно высокую энергетическую ценность, благодаря чему имеет важное кормовое значение для рыб глубоководных районов Балтийского моря [34]. Сведения о продукционных характеристиках *A. borealis* в Балтийском море в литературе отсутствуют. Между тем, расширение границ “бентической пустыни” в Балтийском море негативно влияет на гидробионтов, обитающих здесь, делая этим изучение продукционных свойств морских беспозвоночных весьма актуальным [26]. В данной работе выполнено исследование формы раковины, оценка роста и соматической продукции *A. borealis* по данным однократной выборки из юго-восточной части Балтийского моря. Проведено сравнение полученных оценок с литературными данными по другим поселениям *A. borealis* в Балтике и иных частей видовой ареала.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом послужили моллюски *Astarte borealis* отобранные 16 ноября 2010 г. дночерпателем Ван-Вина, площадь раскрытия 0.1 м² и весом 51 кг, на юго-восточном склоне Готландской котловины в Балтийском море, на участке, ограни-

ченным координатами 55.8223°–55.8238° с.ш., 19.0520°–19.0528° в.д. Пробы промывали через сито с ячейей 0.5 мм и фиксировали 70° этиловым спиртом. Всего был проанализирован 61 экз. *A. borealis*. У моллюсков измеряли длину (L, мм), высоту (H, мм) и ширину (D, мм) раковины электронным штангенциркулем “PREISSER DIGI-MET®” с точностью до 0.01 мм (табл. 1). Сырую массу моллюсков определяли с точностью до 0.001 г: с водой и/или фиксатором в мантийной полости (LWW, г), общую, без воды и/или фиксатора в мантийной полости (TWW, г), которая складывается из массы мягких тканей (SFWW, г) и раковины (SWW, г). После высушивания моллюсков при температуре 60°C в течение 1 суток определяли общую сухую массу (TDW, г): мягких тканей (SFDW, г) и раковины (SDW, г). Связи между линейными и весовыми показателями аппроксимировали уравнениями прямой и простой аллометрии [2]. Возраст особей определяли по годовым кольцам на раковине [1]. Астарты были собраны в ноябре, их конечный возраст идентифицировали как 0+, 1+, 2+ и т.д., поэтому данные ранжировали как 0.5, 1.5, 2.5 и т.д., что приблизительно соответствует 0.5, 1.5, 2.5 и т.д. годам жизни моллюсков. Уравнение Бергаланфи использовали в качестве модели линейного роста:

$$L_{\tau} = L_{\infty}(1 - e^{-k(\tau - \tau_0)}), \quad (1)$$

где L_{τ} — длина животного к моменту времени τ , L_{∞} — асимптотические линейные размеры, k — константа роста, τ_0 — константа уравнения регрессии.

Численность отдельных возрастных групп моллюсков определяли с учетом того, что выжи-

Таблица 1. Условия среды и характеристика исходного материал

Параметр	Значение параметра		
	мин.	макс.	ср. ± SE
L, мм	9.96	21.09	15.27 ± 0.33
H, мм	8.05	18.15	12.45 ± 0.29
D, мм	3.98	8.38	6.07 ± 0.12
LWW, г	0.188	1.795	0.720 ± 0.046
TWW, г = SWW+SFWW	0.114	1.339	0.509 ± 0.034
SWW, г	0.103	1.185	0.441 ± 0.030
SFWW, г	0.011	0.185	0.068 ± 0.005
TDW, г = SDW+SFDW	0.107	1.186	0.444 ± 0.029
SDW, г	0.102	1.155	0.430 ± 0.029
SFDW, г	0.004	0.031	0.014 ± 0.001
Количество проб	8		
Глубина, м	95		
Придонная температура, °C	4.81		
Содержание кислорода в придонном слое, мг/л	1.921		
Придонная соленость, ‰	10.77		
Тип грунта	крупнозернистый песок, гравий, глина, железомарганцевые конкреции		
Возраст, годы	3+...8+		
Численность, экз/м ²	76 ± 22		
Биомасса (TWW), г/м ²	38.8 ± 11.1		
Сопутствующие виды	<i>Scoloplos armiger</i> (O.F. Müller, 1776)		
	<i>Bylgides sarsi</i> (Kinberg in Malmgren, 1865)		
	<i>Halicryptus spinulosus</i> von Siebold, 1849		

ваемость животных может быть описана уравнением экспоненциальной функции [2]:

$$N_{\tau} = A_0(N_0e^{-\mu\tau}), \quad (2)$$

где N_{τ} – численность моллюсков возраста τ ; N_0 – начальная численность моллюсков; A_0 – доля особей каждой возрастной группы от численности моллюсков первой генерации (N_0); μ – коэффициент смертности. Поскольку в отобранных пробах отсутствовали особи когорты 0, то A_0 было приравнено 1.

Соматическая годовая продукция (P_s) и ее ошибка были рассчитаны по однократной выборке [2, 9]:

$$P_{si} = \sum_{\tau=1}^m \left(\frac{N_{\tau} + N_{\tau-1}}{2} \right) (\bar{W}_{\tau} - \bar{W}_{\tau-1}), \quad (3)$$

где P_{si} – соматическая продукция i возрастной группы (когорты), W_{τ} – средняя масса особей возраста τ , N_{τ} – численность особей в возрасте τ , m – число возрастных групп. Расчет продукции проводили по общей сырой массе без воды и/или фиксатора в мантийной полости (TWW).

Статистическую обработку данных выполняли в пакете программ MS Excel и Statistica 6.0. Коэффициенты в уравнениях прямой и простой аллометрии, Берталанфи и экспоненциальной функции вычисляли методом корреляционно-регрессионного анализа в пакете программ Graph-Pad Prism 4.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Длина раковины и возраст *Astarte borealis* варьировали от 9.96 до 21.09 мм и от 3+ до 8+ лет. Максимальный размер у моллюсков был 15.5 мм (рис. 1),

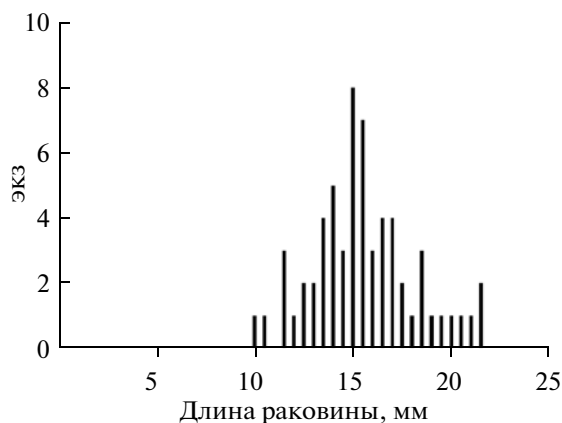


Рис. 1. Размерная структура *Astarte borealis* в юго-восточной части Балтийского моря в ноябре 2010 г.

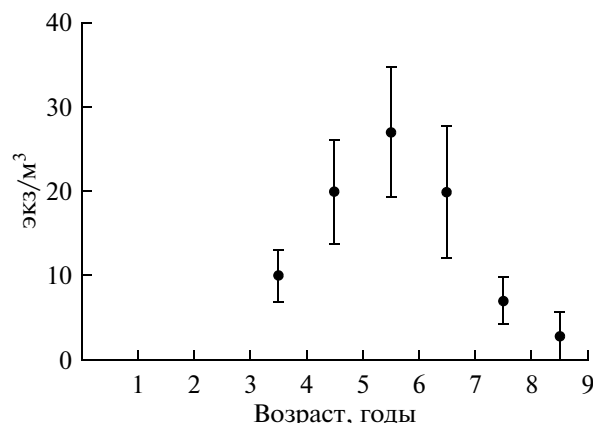


Рис. 2. Средняя численность в возрастных группах *Astarte borealis* в юго-восточной части Балтийского моря в ноябре 2010 г.

доминировали особи возраста 5+ (27 ± 8 экз/м²) (рис. 2).

В онтогенезе у *A. borealis* высота раковины по отношению к длине изменяется по принципу положительной аллометрии ($b > 1$), а ширина по принципу отрицательной аллометрии ($b < 1$) (табл. 2). С увеличением длины раковины отношение H/L возрастает, отношение D/H снижается. У моллюсков средних размеров высота раковины в среднем составляет 81.5% от ее высоты, ширина раковины – 39.8% от длины и 48.8% от высоты (табл. 1).

Все значения массы у *A. borealis* по отношению к длине раковины в онтогенезе изменяются по принципу отрицательной аллометрии ($b < 3$) (табл. 2). Доля воды в мантийной полости в среднем составляет 30.28% (табл. 3).

Линейный рост описывается уравнением Бергаланфи $L_\tau = 35.53(1 - e^{-0.0894(\tau - (-0.7354))})$ ($SE_{L_\infty} = 4.58$ мм, $SE_k = 0.0167$, $SE_{t_0} = 0.1152$, $r = 0.9694$).

Численность моллюсков аппроксимирована уравнением экспоненциальной функции: $N_\tau = 1(52.17e^{-0.2754\tau})$ ($SE_{N_0} = 2.79$, $SE_\mu = 0.1778$, $r = 0.6125$).

Среднегодовые показатели продуцирования рассчитаны на основе теоретических сведений о линейном размере, общей сырой массе (ТВВ) и численности моллюсков (табл. 4). Годовая продукция *A. borealis* оценена в 14.11 г/м² или 7.60 кДж/м², средняя биомасса ($B_{ТВВ}$) 34.52 г/м², относительная ошибка расчета продукции – 20.7% и P_s/B коэффициент – 0.41.

ОБСУЖДЕНИЕ

Вопрос корректности оценки получаемых величин годовой продукции при расчете ее по одно-разовой выборке был рассмотрен ранее [2, 5, 10].

В арктических морях максимальная длина раковины моллюсков достигает 50–55 мм [13, 19,

Таблица 2. Параметры уравнений, описывающие взаимосвязь между линейными характеристиками раковины и массой тела у *Astarte borealis* из юго-восточной части Балтийского моря ($n = 61$ экз)

Уравнения	Коэффициенты		$\pm SE_a$	$\pm SE_b$	R^2
	a	b			
$H = aL^b$	0.7530	1.029	0.1003	0.0480	0.8876
$D = aL^b$	0.8117	0.7393	0.1763	0.0788	0.6042
$D/H = a + bL$	0.6260	-0.00873	0.0418	0.00270	0.1506
$H/L = a + bL$	0.7934	0.00141	0.0386	0.00249	0.0054
LWW (мг) = aL^b	0.3891	2.737	0.1569	0.1413	0.8707
TWW (мг) = aL^b	0.1830	2.883	0.0817	0.1560	0.8598
$SFWW$ (мг) = aL^b	0.0216	2.925	0.0121	0.1950	0.8026
SWW (мг) = aL^b	0.1616	2.876	0.0740	0.1601	0.8528
TDW (мг) = aL^b	0.1940	2.813	0.0873	0.1574	0.8511
$SFDW$ (мг) = aL^b	0.0258	2.293	0.0125	0.1713	0.7637
SWW (мг) = aL^b	0.1792	2.830	0.0817	0.1594	0.8495

Таблица 3. Соотношение масс *Astarte borealis*, % (ср. $\pm 95\%CI$)

Массы	LWW	TWW	SWW	SFWW	TDW	SDW
TWW	69.72 \pm 1.15	—	—	—	—	—
SWW	60.49 \pm 1.08	86.76 \pm 0.63	—	—	—	—
SFWW	9.23 \pm 0.45	13.24 \pm 0.63	15.36 \pm 0.84	—	—	—
TDW	61.14 \pm 1.03	87.72 \pm 0.69	—	—	—	—
SDW	59.15 \pm 1.04	84.85 \pm 0.72	97.80 \pm 0.37	—	96.72 \pm 0.17	—
SFDW	1.99 \pm 0.09	2.87 \pm 0.14	3.32 \pm 0.18	22.04 \pm 1.17	3.28 \pm 0.17	3.39 \pm 0.18

20], в Балтийском море изменяется с запада на восток от 38 мм в Кильской бухте [24], 36 мм в Любекской бухте [28], 31.2 мм в Мекленбургской бухте и до 30 мм в водах, примыкающих к побережью Польши [38]. Максимальная длина раковины, полученная нами, оказалась минимальной (21.09 мм) в пределах ареала вида. Это хорошо согласуется с тем, что с понижением солености в Балтийском море уменьшаются размеры у двустворчатых моллюсков морского происхождения, например, *Mya arenaria* Linnaeus, 1758 и др. [6].

Отсутствие особой младших возрастных групп 2+, 1+ и 0+ *A. borealis* возможно вызвано неблагоприятными кислородными условиями (гипоксией) в глубоководных частях Балтики, складывающимися последние годы (табл. 1, рис. 2).

В процессе исследования линейного роста у *A. borealis* установлено, что максимальный линейный размер и параметр *k* уравнения Берталанффи имели наименьшие значения в юго-восточной части Балтийского моря (табл. 5), а продолжительность жизни была сходной в пределах ареала данного вида [3, 4, 12, 23].

Выявлены статистически значимые различия между теоретическими кривыми роста у *A. borealis* из юго-восточной части Балтийского моря и моллюсками из Чаунской губы Восточно-Сибирского моря ($t = 3.51, p = 0.0029$) [4] и с северо-восточного побережья о. Сахалин Охотское море ($t = -4.04, p = 0.0009$) [12] (рис. 3). Не установлено статистически значимых различий между теоретическими кривыми роста у моллюсков из Чаунской губы Восточно-Сибирского моря и с северо-восточного побережья о. Сахалин Охотское море ($t = 0.95, p = 0.3539$).

В районах с соленостью воды выше 15‰ сырая масса моллюсков (LWW) по отношению к длине раковины изменялась по принципу положительной аллометрии ($b > 3$) или с сохранением геометрического подобия ($b = 3$) [4, 12, 33]. С проникновением в глубь Балтийского моря и по мере снижения солености это отношение изменялось по принципу отрицательной аллометрии ($b < 3$) (табл. 5) [37].

Во всем ареале *A. borealis* высота раковины изменялась относительно ее длины по принципу положительной аллометрии ($b > 3$) и ширина раковины к длине — по принципу отрицательной аллометрии ($b < 3$) (табл. 5) [12, 33, 37]. В тоже

время у *A. borealis* из юго-восточной Балтики менее выпуклые створки раковины.

Полученное нами значение средней биомассы ($B_{TWW} = 34.52$ г/м² или $B_{LWW} = 49.51$ г/м²) находится на уровне характерном для большей части ареала данного вида, т.е. биомасса (LWW) до 250 г/м² (табл. 3, 5) [3, 7, 8, 11, 16, 21, 22, 25, 29, 35, 37]. Отмечаются участки с высокими биомассами более 500 г/м² [4, 37] и с максимумом 1240 г/м² [18].

На большом объеме материала Риссиарди и Бурже [31] определили коэффициент перехода от общей сухой массы мягких тканей тела (SFDW) к сырой массе с водой и/или фиксатором в мантийной полости (LWW), который равен $8.7 \pm 2.2\%$. На наш взгляд использование данного коэффициента не совсем корректно для всей совокупности двустворчатых моллюсков. Например, у двустворчатых моллюсков обитающих в Балтийском море этот переходный коэффициент ниже: *Mya arenaria* Linnaeus, 1758 — 7.6%, *Macoma balthica* (Linnaeus, 1758) — 6.1–6.5%, *Mytilus edulis* Linnaeus, 1758 — 4.6–5.0%, *Arctica islandica* (Linnaeus, 1767) — 3.3% и *Astarte elliptica* (Brown, 1827) — 2.1% [17, 32, 33]. Однако, полученный нами коэффициент (SFDW/LWW) для *A. borealis* (табл. 3) близок к таковому у *A. elliptica* [33]. Доля сырой массы мягких тканей тела (SFWW) к сырой массе с водой и/или фиксатором в мантийной полости (LWW) укладывается в 9–16%, что характерно для представителей рода *Astarte* [12, 37]. Низкий процент массы мягких тканей тела от общей массы

Таблица 4. Теоретические средние величины линейных размеров (L_t , мм), общей сырой массы (TWW_t , г) и численности (N_t , экз/м²) *Astarte borealis* из юго-восточной части Балтийского моря

Возраст	L_t	TWW_t	N_t
0+	3.72	0.008	45.5
1+	6.44	0.039	34.5
2+	8.93	0.101	26.2
3+	11.21	0.194	19.9
4+	13.29	0.317	15.1
5+	15.19	0.467	11.5
6+	16.93	0.638	8.7
7+	18.52	0.826	6.6
8+	19.98	1.028	5.0

Таблица 5. Продукция, P_s/V -коэффициенты и коэффициенты уравнений Бергаланфи, простой аллометрии у *Astarte borealis* в разных частях ареала (пересчет продукции в энергетические единицы (ЭЕ), согласно опубликованным данным 4486 кал/SFDW г, AFDW/SFDW = 83.6% [34], WW/LWW = 69.72%, SFDW/WW = 2.87% (табл. 3), 1 кал = 4.187 Дж [32])

Район	Уравнение Бергаланфи		Уравнение простой аллометрии				Продукция		P_s/V	Источник
	L_∞	k	$b(LWW)$	$b(SFDW)$	$b(H)$	$b(D)$	WW, г/м ²	ЭЕ, кДж/м ²		
Бассейн Северного Ледовитого океана										
Чаунская губа, Восточно-Сибирское море	53.4	0.213	3.02	–	–	–	240.53	129.66	0.55	[4]
Южная часть Карского моря	–	–	–	–	–	–	3.87	2.09	0.42	[3]
Юго-восточная часть Баренцева моря	–	–	–	–	–	–	10.42	5.62	0.34	[3]
Бассейн Тихого океана										
Сублитораль северо-восточной части о. Сахалин, Охотское море	53.1	0.4106	2.9934	3.1504	1.0219	0.966	–	–	–	[12]
Бассейн Атлантического океана										
Кильская бухта, западная часть Балтийского моря	–	–	3.035	–	–	0.986	–	–	–	[33]
Мекленбургская бухта, юго-западная часть Балтийского моря	–	–	2.92	3.07	0.8664*	–	–	–	–	[37]
Юго-восточный склон Готландской впадины, юго-восточная часть Балтийского моря	35.53	0.0894	2.737	2.925	1.029	0.7393	14.11	7.60	0.41	Наши данные

* Рассчитано по уравнению прямой аллометрии.

можно объяснить наличием толстой и массивной раковины у моллюсков рода *Astarte*, что связано с их предпочтением заселять жесткие гравийно-галечные и песчаные грунты [23, 30].

Из выше сказанного следует, что в работе Гагаева [4] принятая им калорийность 360 кал/г сырой массы (что соответствует $SFWW/LWW = 8.0\%$) для двустворчатых моллюсков рода *Astarte* не подходит для расчетов, она завышена почти в 4 раза (89.3 кал/LWW г, что равно 374 Дж/LWW г) (табл. 3, 5). При продукционных исследованиях у животных имеющих твердые элементы (например, раковины у моллюсков) необходимо измерять весь возможный набор массы, а не использовать средние характеристики для крупных таксонов (Mollusca, Bivalvia, Gastropoda), которые вносят значительную ошибку в величину продукции, выраженную в джоулях или калориях на 1 м² дна. Если такие средние величины рассчитывать, то на систематическом уровне не выше рода или семейства (например, для семейства Astartidae с небольшим числом родов).

Величина годовой продукции в юго-восточной части Балтийского моря соответствует уровню годовой продукции в Карском и Баренцевом морях [3]. В местах с высокой плотностью поселений годовая продукция достигает значений более 100 кДж/м² (табл. 5) [4].

Значения P_s/B -коэффициента у *A. borealis* находятся в пределах 0.3–0.6 и в среднем составляет 0.43 (табл. 5). Узкий диапазон колебания P_s/B -коэффициента в пределах 0.4–0.6 характерен и для других представителей рода *Astarte* [3, 23].

Как было отмечено ранее у *M. balthica* [5], для *A. borealis* также характерно наличие среднего диапазона вариации продукции на 1 м² дна 2–40 кДж/м², где верхний предел соответствует биомассе (LWW) 250 г/м² [3, 7, 16, 21, 22, 25, 29, 35, 37 и др.]. Годовая продукция достигает максимальных значений до 100–200 кДж/м² в местах с высокой плотностью поселений [4, 18, 37].

Таким образом, у *A. borealis* из юго-восточной Балтики, обитающих в условиях пониженной солености, сохраняются пропорции высоты к длине раковины и максимальный возраст, но раковина имеет менее выпуклую форму, а темп линейного роста заметно меньше, по сравнению с другими частями ареала. Гипоксия негативно влияет на выживание молоди и пополнение популяции *A. borealis*. При всем этом, продукционные характеристики *A. borealis* в юго-восточной части Балтийского моря находятся на среднем уровне. P_s/B -коэффициент имеет незначительный размах величин 0.3–0.6, при максимальном возрасте в популяциях 5–10 лет.

Авторы благодарят Р.Н. Буруковского и Е.Н. Науменко за консультации и ценные замечания при написании статьи. Выражаем особую

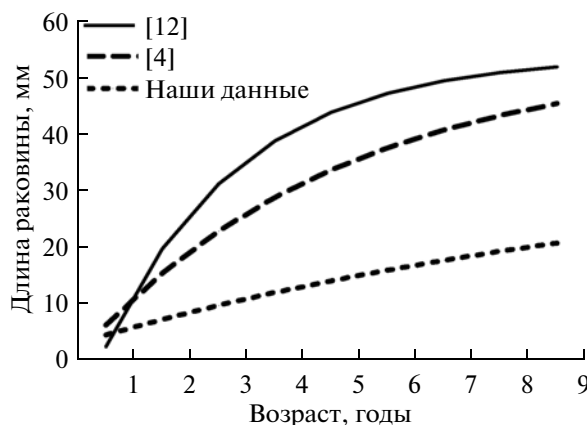


Рис. 3. Теоретические кривые роста *Astarte borealis* для разных частей ареала, вычисленные по уравнению Бергаланфи.

признательность рецензентам, чьи замечания помогли улучшить данную рукопись.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов А.Ф., Львова А.А., Макарова Г.Е. и др. Рост и возраст // Методы изучения двустворчатых моллюсков. Л.: Изд-во АН СССР, 1990а. С. 121–140.
2. Алимов А.Ф., Макарова Г.Е., Максимович Н.В. Методы расчета продукции // Методы изучения двустворчатых моллюсков. Л.: Изд-во АН СССР, 1990б. С. 179–195.
3. Антипова Т.В. Продукция популяций некоторых видов двустворчатых моллюсков юго-восточной части Баренцева и южной части Карского морей // Океанология. 1978. Т. 18. Вып. 4. С. 737–741.
4. Гагаев С.Ю. Рост и продукция массовых видов двустворчатых моллюсков Чаунской губы Восточно-Сибирского моря // Океанология. 1989. Т. 29. Вып. 4. С. 658–662.
5. Гусев А.А., Юргенс-Маркина Е.М. Рост и продукция двустворчатого моллюска *Macoma balthica* (Linnaeus, 1758) (Cardiida: Tellinidae) в юго-восточной части Балтийского моря // Биол. моря. 2012. Т. 38. № 1. С. 57–64.
6. Зенкевич Л.А. Биология морей СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 740 с.
7. Козловский В.В., Чичина М.В., Кучерук Н.В. и др. Структура сообществ макрозообентоса юго-западной части Карского моря // Океанология. 2011. Т. 51. № 6. С. 1072–1081.
8. Лебедев Е.Б. Состав фауны сублиторальных двустворчатых моллюсков Дальневосточного морского заповедника (залив Петра Великого, Японское море) // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. 2010. Вып. 14. С. 67–97.
9. Максимович Н.В., Погребов В.В. Анализ количественных гидробиологических материалов. Л.: Изд-во ЛГУ, 1986. 96 с.
10. Максимович Н.В., Герасимова А.В., Кунина Т.А. Продукционные свойства поселений *Macoma balthica* L. в губе Чупа (Белое море). II. Продукция // Вестн. СПбГУ. 1993. Сер. 3. Вып. 1 (№ 3). С. 3–11.
11. Плоткин А.С., Раилкин А.И., Герасимова Е.И. и др. Сообщества подводных скал сублиторали Белого

- моря: структура и взаимодействие с придонным течением // Биол. моря. 2005. Т. 31. № 6. С. 398–405.
12. Селин Н.И. Форма раковины, рост и продолжительность жизни *Astarte arctica* и *A. borealis* (Mollusca: Bivalvia) из сублиторали северо-восточной части острова Сахалин // Биол. моря. 2007. Т. 33. № 4. С. 278–283.
 13. Филатова В.И. Класс Bivalvia (Lamellibranchiata) – двустворчатые моллюски // Определитель фауны и флоры северных морей СССР. М.: Государственное изд-во “Советская наука”, 1948. С. 405–446.
 14. Ярвекюль А.А. Характеристика зообентоса в восточной части Центральной Балтики – лето 1965 г. // Рыбохозяйственные исследования в бассейне Балтийского моря. Рига: Авост, 1970. Вып. 5. С. 16–42.
 15. Ярвекюль А.А. Донная фауна восточной части Балтийского моря. Таллинн: Валгус, 1979. 236 с.
 16. Andersin A.-B., Lassing J., Sandler H. Community structure of soft-bottom macrofauna in different parts of the Baltic // Biology of benthic organisms: 11th European Symposium on Marine Biology, Galway, October 1976 / Eds. Keegan B.F. et al. Oxford-New York-Toronto-Sydney-Paris-Frankfurt: Pergamon Press, 1977. P. 7–20.
 17. Ankar S., Elmgren R. The benthic macro- and meiofauna of the Askö-Landsort Area (Northern Baltic proper) // Contribution from the Askö Laboratory. 1976. № 11. 115 p.
 18. Arntz W.E., Brunswig D., Sarnthein M. Zonierung von Mollusken und Schill im Rinnensystem der Kieler Bucht (westliche Ostsee) // Senckenberg. Marit. 1976. V. 8. № 4–6. P. 189–269.
 19. Barnes R.S.K. The brackish-water of northwestern Europe. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 304 p.
 20. Bernard F.R. Bivalve mollusks of the western Beaufort Sea // Contributions in Science. Natural History Museum of Los Angeles County. 1979. № 313. 80 p.
 21. Demel K., Mulicki Z. Quantitative investigations on the biological bottom productivity of the South Baltic // Prace Mor. Inst. Ryb. Gdynia. 1954. Ser. A. № 7. P. 75–126.
 22. Denisenko S.G., Denisenko N.V., Lehtonen K.K. et al. Macrozoobenthos of the Pechora Sea (SE Barents Sea): community structure and spatial distribution in relation to environmental conditions // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2003. V. 258. P. 109–123.
 23. Hermesen J.M., Collie J.S., Valentine P.C. Mobile fishing gear reduces benthic megafaunal production on Georges Bank // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2003. V. 260. P. 97–108.
 24. Jaeckel S. Zur Ökologie der Molluskenfauna in der westlichen Ostsee // Schr. Naturwiss. Ver. Schleswig-Holstein. 1952. Bd. 26. H. 1. S. 18–30.
 25. Jørgensen L.L., Pearson T.H., Anisimova N.A. et al. Environmental influences on benthic fauna associations of the Kara Sea (Arctic Russia) // Polar Biol. 1999. V. 22. № 6. P. 395–416.
 26. Lääne A., Kraav E., Titova G. UNEP. Global International Waters Assessment. Baltic Sea (GIWA Regional assessment no. 17). Kalmar: University of Kalmar, 2005. 88 p.
 27. Laine A.O. Distribution of soft-bottom macrofauna in the deep open Baltic Sea in relation to environmental variability // Est. Coast. Shelf Sci. 2003. V. 57. № 1–2. P. 87–97.
 28. Lenz H. Die wirbellosen Thiere der Tarvemünder Bucht. Teil II. // Ber. Comm. Wiss. Unters. Deutsch. Meere Kiel für die Jahre 1877 bis 1881 (7.–11. Jahrgang, I. Abtheilung). 1882. Bd. 4. S. 169–180.
 29. Löwe F.-K. Quantitative Benthosuntersuchungen in der Arkonasee // Mitt. Zool. Mus. Berlin. 1963. V. 39. № 2. S. 247–349.
 30. Perna J., Schwinghamer P., Rowell T.W. et al. Experimental otter trawling on a sandy bottom ecosystem of the Grand Banks of Newfoundland: analysis of trawl bycatch and effects on epifauna // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1999. V. 181. P. 107–124.
 31. Ricciardi A., Bourget E. Weight-to-weight conversion factors for marine benthic macroinvertebrates // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1998. V. 163. P. 245–251.
 32. Rumohr H., Brey Th., Ankar S. A compilation of biometric conversion factors for benthic invertebrates of the Baltic Sea // The Baltic Marine Biologists. 1987. № 9. 56 p.
 33. Schaefer R., Trutschler K., Rumohr H. Biometric studies on the bivalves *Astarte elliptica*, *A. borealis* and *A. montagui* in Kiel Bay (Western Baltic Sea) // Helgoländer Meeresunters. 1985. V. 39. № 3. P. 245–253.
 34. Wacasey J.W., Atkinson E.G. Energy values of marine benthic invertebrates from the Canadian Arctic // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1987. V. 39. P. 243–250.
 35. Warzocha J. Classification and structure of macrofaunal communities in the Southern Baltic // Arch. Fish. Mar. Res. 1995. V. 42. № 3. P. 225–237.
 36. Zettler M.L. Recent geographical distribution of the *Astarte borealis* species complex, its nomenclature and bibliography (Bivalvia: Astartidae) // Schr. Malakozool. 2001. V. 18. P. 1–14.
 37. Zettler M.L. Ecological and morphological features of the bivalve *Astarte borealis* (Schumacher, 1817) in the Baltic Sea near its geographical range // J. Shellfish Res. 2002. V. 21. № 1. P. 33–40.
 38. Zmudzinski L. Macrofauna atlas of the Baltic Sea. Warszawa: Wydawnictwa Szkolno i Pedagogiczno, 1990. 196 p.

Shell Form, Growth and Production of *Astarte borealis* (Schumacher, 1817) (Astartidae: Bivalvia) in the Southeastern Baltic Sea

A. A. Gusev, L. V. Rudinskaya

We studied the relationships between linear and weight indices, the mass ratio, the growth and production of *Astarte borealis* in the southeastern part of the Baltic Sea. The maximum shell length of *A. borealis* was up to 21.09 mm, the maximum age was 8+ years. The linear growth is described by the Bertalanffy growth equation: $L_{\tau} = 35.53(1 - e^{-0.0894(\tau - (-0.7354))})$. The annual production of *A. borealis* was 7.60 kJ/m²; the P_s/B ratio was 0.41. The linear growth of *A. borealis* from the southeastern Baltic have lower rate compared with the boreal astarte species in other parts of the region, due to the low salinity of the Baltic Sea.