

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ
ЮЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МОРСКОГО
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ
КЕРЧЕНСКИЙ ГОРОДСКОЙ СОВЕТ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ
МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ
ФГУП «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ЮЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ ЗООЛОГИИ АКАДЕМИИ НАУК МОЛДОВЫ

МАТЕРИАЛЫ
VII МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«СОВРЕМЕННЫЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА»

ТОМ 2

г. Керчь, 20 - 23 июня 2012 г.

Керчь – 2012

УДК 639.2/.3+574.5(262.5+262.54)

Главный редактор:
кандидат географических наук

О. А. ПЕТРЕНКО

Редакционная коллегия:

доктор биологических наук **Н. П. Новиков**
доктор географических наук **В. А. Брянцев**
доктор географических наук **П. Д. Ломакин**
кандидат биологических наук **В. А. Шляхов**
кандидат биологических наук **Л. И. Булли**
кандидат географических наук **Б. Г. Троценко**

А. А. Солодовников

В. Н. Туркулова

Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона : материалы VII Международной конференции. Керчь, 20-23 июня 2012 г. – Керчь: ЮгНИРО, 2012. – Т. 2. – 196 с.

Во втором томе материалов конференции публикуются доклады о состоянии и перспективах аквакультуры Азово-Черноморского бассейна, работы по результатам региональных ихтиологических изысканий и информационному обеспечению исследований.

Сучасні рибогосподарські та екологічні проблеми Азово-Чорноморського регіону : матеріали VII Міжнародної конференції. Керч, 20-23 червня 2012 р. – Керч: ПівденНІРО, 2012. – Т. 2. – 196 с.

У другому томі матеріалів конференції публікуються доклади про стан і перспективи аквакультури Азово-Чорноморського басейну, роботи по результатах регіональних їхтіологічних досліджень та інформаційному забезпеченню досліджень.

Current fishery and environmental problems of the Azov-Black Sea Region : materials of VII International Conference. Kerch, 20-23 June 2012. – Kerch: YugNIRO Publishers', 2012. – Vol. 2. – 196 p.

Volume II contains reports on state and prospects of aquaculture in the Azov-Black Sea basin, papers on the results of regional ichthyologic investigations and information support of the research.

© АВТОРСКОЕ ПРАВО

Исключительное право на копирование данной публикации или какой-либо её части любым способом принадлежит ЮгНИРО.

По вопросу возможности копирования для некоммерческих целей обращаться по адресу: ЮгНИРО, ул. Свердлова, 2, г. Керчь, 98300, Автономная Республика Крым, Украина.

Телефон (приемная): +380 6561 21012

Факс: +380 6561 6-16-27

E-mail: yugniro@kerch.com.ua

<http://yugniro.in.ua>

УДК 594.124:591.1(262.5)

РОСТ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *ANADARA INAEQUIVALVIS* (BIVALVIA) В ЧЕРНОМ МОРЕ ПРИ САДКОВОМ ВЫРАЩИВАНИИ

А. В. Пиркова

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины (ИнБЮМ НАНУ)

*Изучали динамику линейного и весового роста анадары *Anadara inaequalvis* (Bruguière, 1789), выращиваемой течение трех лет в садках (бухта Карантинная), в зависимости от возраста и репродуктивного состояния. Описаны модели роста в длину, высоту и ширину раковины. Отмечена отрицательная корреляция между значениями отношений констант роста и значениями степенных коэффициентов в аллометрических уравнениях роста. Зависимости общего веса, веса раковины, мягких тканей и межстворчатой жидкости от линейных параметров анадары аппроксимируются уравнениями степенной функции. Среднее значение общего веса зависит от возраста и физиологического состояния моллюсков.*

Ключевые слова: анадара *Anadara inaequalvis*, линейный и весовой рост, модели роста, Черное море

Введение

Анадара *Anadara inaequalvis* (Bruguière, 1789) – двустворчатый моллюск, вселенец в Черное [6, 7] и Азовское [12] моря. В настоящее время является важным компонентом экосистемы Азово-Черноморского бассейна [2, 8] и перспективным объектом для марикультуры, благодаря физиологическим особенностям [14, 16] и биохимическому составу мягких тканей [3].

Известны параметры роста поселений анадары на шельфе северо-восточной части Черного моря [15], северокавказского побережья [11], северо-западной части Черного моря [10, 13], и южной части Азовского моря [12]. Однако в литературе нет сведений о динамике линейного и весового роста анадары в зависимости от возраста и стадий репродуктивного цикла.

Материал и методы

Моллюсков собрали в октябре 2004 г. в устричных садках, выставленных в августе того же года на мидийно-устричной ферме в бухте Карантинная. До 3-летнего возраста анадару доращивали в выростных садках на глубине 2 - 3 м. Длину, высоту и выпуклость (ширину) раковины измеряли при помощи штангенциркуля (до 0,01 мм); весовые характеристики: вес общий ($W_{\text{общ.}}$, г), суммарный вес раковины и мягких тканей, вес раковины ($W_{\text{рак.}}$, г) – на весах ВЛК-500 г - М с частотой 6 месяцев и 1 год, а также перед и после нереста моллюсков. Эмпирические данные линейного роста аппроксимировали по модели роста Бергаланфи – уравнению Форда-Уолфорда [4, 17]:

$$L_t = L_{\infty} \cdot (1 - e^{-kt}); \quad H_t = H_{\infty} \cdot (1 - e^{-kt}); \quad C_t = C_{\infty} \cdot (1 - e^{-kt}),$$

где L_t , H_t , C_t , мм – размер особи в возрасте t , годы;

L_{∞} , H_{∞} , C_{∞} , мм – теоретически максимальная длина, высота и ширина раковин анадары;

k – константа роста, год⁻¹;

e – основание натурального логарифма (= 2,71828...).

Дополнительно вычисляли отношения констант роста: k_H/k_L ; k_C/k_H ; k_C/k_L .

Зависимость между линейными параметрами, линейными параметрами и общим весом моллюсков, весом раковин, весом мягких тканей и межстворчатой жидкости представлены степенными уравнениями:

$$H = a \cdot L^b; \quad C = a \cdot L^b; \quad C = a \cdot H^b; \quad W_{\text{общ.}} = a \cdot L^b; \quad W_{\text{общ.}} = a \cdot H^b; \quad W_{\text{общ.}} = a \cdot C^b; \quad W_{\text{рак.}} = a \cdot W_{\text{общ.}}^b;$$

$$W_{\text{м.тк.}} = a \cdot W_{\text{общ.}}^b; \quad W_{\text{м.жид.}} = a \cdot W_{\text{общ.}}^b,$$

где a – коэффициент пропорциональности;

b – показатель степени;

H , L и C – длина, высота и выпуклость раковины, мм;

$W_{\text{общ.}}$ – общий сырой (живой) вес до вскрытия моллюска, г;

$W_{\text{рак.}}$; $W_{\text{м.тк.}}$ и $W_{\text{м.жид.}}$ – соответственно вес раковины, мягких тканей и межстворчатой жидкости, г.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ АКВАКУЛЬТУРЫ

Вес межстворчатой жидкости рассчитывали как разницу между общим весом и суммарным значением веса мягких тканей и раковины. Суммарное значение веса раковины и мягких тканей определяли взвешиванием после вскрытия моллюска и высушивания межстворчатой жидкости фильтровальной бумагой. Вес мягких тканей рассчитывали как разницу между суммарным весом мягких тканей и раковины и весом раковины.

Параметры степенных уравнений и коэффициенты детерминации R^2 определяли по программе «Диаграмма» (Windows-2003); средние значения, доверительные интервалы и коэффициенты корреляции – по программе «Excel».

Результаты и их обсуждение

В результате анализа размерно-частотных распределений, получены модальные размеры моллюсков в возрастных группах 1 - 3 года, значения которых были использованы для составления модели линейного роста. Отмечено, что модель работает при исследовании роста моллюсков только с годовыми интервалами [4]. Параметры данного уравнения находили графическим способом. Для построения графика на оси абсцисс откладывали средние значения длины раковин анадары в возрасте t , на оси ординат – в возрасте $t+1$ (рис. 1; табл. 1).

Данные точки расположились на одной прямой. Место пересечения прямой с биссектрисой прямого угла определяет теоретически максимальный размер особи в поселении. На рис. 1 линия пересекает биссектрису на уровне 56,5 мм. Угол наклона ($\alpha = 36,5^\circ$) позволяет оценить константу роста:

$$k = -\lg \cdot \operatorname{tg} \alpha / \lg e,$$

где $\operatorname{tg} \alpha$ – тангенс угла наклона прямой, который равен 0,7403, тогда $k = \lg 0,7403 / 0,43 = -0,304$. Получаем зависимость:

$$L_t = 56,5 \cdot (1 - e^{-0,304 \cdot t}); (1 \leq t, \text{ год} \leq 3) \quad (1)$$

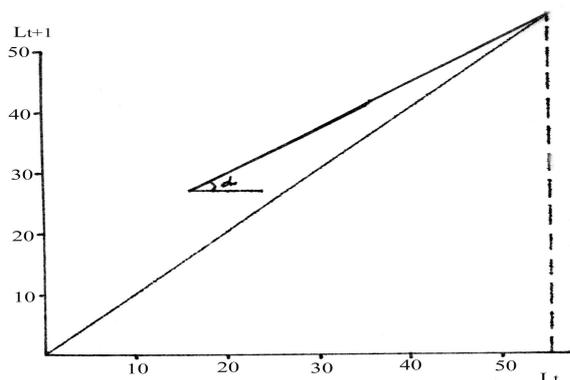


Рисунок 1 – Графическое определение параметров уравнения Бергаланфи

Различия между значениями средних размеров моллюсков, теоретически определенных по модели роста (1) и фактических, не выходят за пределы колебаний доверительных интервалов. Следовательно, полученная модель адекватно описывает линейный рост анадары при выращивании ее в течение 3 лет и позволяет определить средние значения длины раковины моллюсков для указанного возрастного интервала. Например, среднее значение длины раковины анадары в возрасте 1 год и 9 мес. возможно определить, подставляя в формулу (1) значения $t = 1,75$, тогда $L = 23,3$ мм. Модель роста позволяет восстановить среднемесячный прирост моллюсков: в течение первого года он составил 1,33 мм/мес.; в возрасте от 2 до 3 лет – 0,67 мм/мес. Средние значения темпа роста анадары сопоставимы с таковыми для моллюсков из Азовского моря [12].

Соответствующие модели роста определены также для высоты (H_t , мм) и ширины (C_t , мм) раковины анадары:

$$H_t = 46,5 \cdot (1 - e^{-0,279 \cdot t}); (1 \leq t, \text{ год} \leq 3) \quad (2)$$

$$C_t = 42,5 \cdot (1 - e^{-0,242 \cdot t}); (1 \leq t, \text{ год} \leq 3) \quad (3)$$

В табл. 2 представлены параметры этих уравнений.

Между средними значениями линейных параметров и теоретическими значениями, определенными согласно уравнениям роста (1), (2) и (3), нет достоверной разницы.

Зависимость высоты (H , мм) от длины (L , мм) раковин анадары описывается уравнением степенной функции (рис. 2):

$$H = 0,6876 \cdot L^{1,0505}; R^2 = 0,9848; (6,7 \leq L_{\text{мм}} \leq 46,0); (n = 211 \text{ экз.}) \quad (4)$$

Связь ширины (C , мм) и длины (L , мм) раковин анадары представлена уравнением (5) (рис. 3):

$$C = 0,232 \cdot L^{1,3361}; R^2 = 0,9774; (6,7 \leq L_{\text{мм}} \leq 46,0) \quad (5)$$

Таблица 1 – Параметры уравнения роста анадары и теоретически ожидаемые модальные размеры моллюсков возраста от 1 до 3 лет

t, годы	kt	e^{-kt}	$1 - e^{-kt}$	L, мм (теоретич. ожид.)	$L \pm i$, мм (фактич.)
1	0,304	0,738	0,262	14,4	$15,5 \pm 1,1$
1,5	0,456	0,634	0,366	20,7	$21,8 \pm 1,2$
2	0,608	0,544	0,456	25,8	$27,0 \pm 1,2$
2,5	0,760	0,468	0,532	29,5	-
3	0,912	0,402	0,598	33,8	$35,0 \pm 1,3$

Примечание: $\pm i$ – доверительный интервал, мм.

Таблица 2 – Параметры уравнений роста в высоту (2) и ширину (3) раковин анадары и значения модальных размеров теоретически определенных и фактических

t, год	kt		$1 - e^{-kt}$		H, мм		C, мм	
	(2)	(3)	(2)	(3)	теор.	фактические	теор.	фактические
1,0	0,279	0,242	0,243	0,215	11,2	$12,0 \pm 1,0$	9,1	$10,4 \pm 1,4$
1,5	0,419	0,363	0,342	0,304	15,7	$17,4 \pm 1,7$	12,9	$13,9 \pm 1,1$
2,0	0,558	0,484	0,428	0,384	19,7	$19,8 \pm 0,5$	16,3	$17,1 \pm 0,9$
2,5	0,698	0,605	0,502	0,453	23,1	-	19,3	-
3,0	0,837	0,726	0,567	0,516	26,1	$26,1 \pm 1,1$	21,9	$21,5 \pm 0,8$

Примечание: $\pm i$ – доверительный интервал, мм.

Зависимость ширины (C, мм) от высоты (H, мм) представлена уравнением аллометрии (6) (рис. 4):

$$C = 0,4266 \cdot H^{1,2183}; R^2 = 0,9749; (6,7 \leq L_{\text{мм}} \leq 46,0) \quad (6)$$

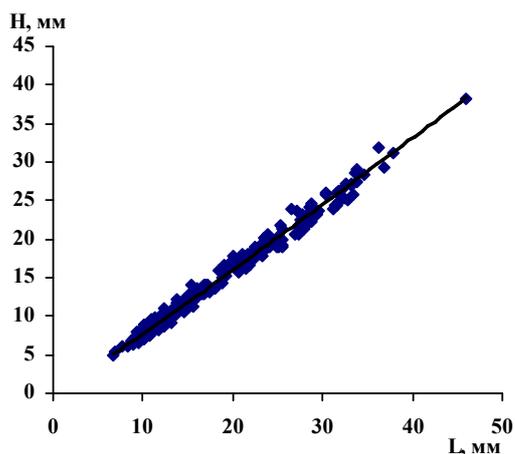


Рисунок 2 – Связь высоты и длины раковин анадары (возраст 0,5 - 3 года)

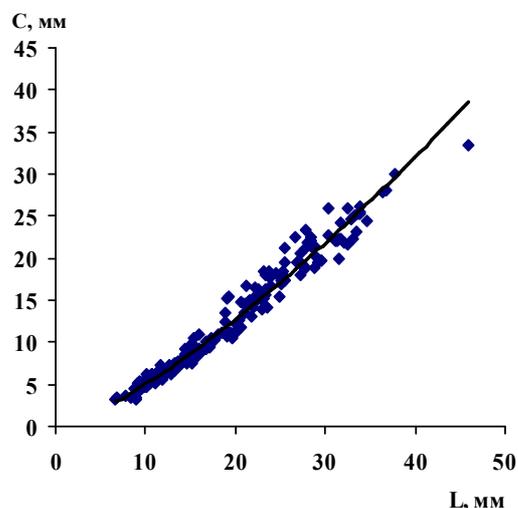


Рисунок 3 – Зависимость ширины от длины раковин анадары (возраст от 0,5 до 3 лет)

Коэффициент b уравнения аллометрии характеризуется соотношением скоростей роста соответствующих линейных показателей [1]. По величинам параметра b можно судить о степени отклонения соотносительного роста от изометрии. При $b = 1$ – рост изометричен (значение индекса не меняется с возрастом); при $b < 1$ наблюдается отрицательная аллометрия; при $b > 1$ имеет место положительная аллометрия (значение индекса увеличивается) [9].

Установлена связь между значениями степенных коэффициентов b уравнений аллометрии (4), (5) и (6) и отношениями констант роста. Отношения констант роста высоты и длины (k_H/k_L), ширины и длины (k_C/k_L), ширины и высоты (k_C/k_H) – описывают соотношение скоростей роста раковины в этих направлениях. Значение отношения констант высоты и длины ($k_H/k_L = 0,918$) близко к единице, т. е. рост раковины в направлениях высоты и длины изометричен. На изометрию роста раковины в этих направлениях указывает также значение степенного коэффициента: $b = 1,0505$ (уравнение (4)). Отношения констант роста выпуклости (ширины) и длины ($k_C/k_L = 0,796$), ширины и высоты раковины ($k_C/k_H = 0,867$) меньше единицы, что свидетельствует об анизометричности роста. Степенные коэффициенты b в уравнениях (5) и (6) соответственно равны 1,3361 и 1,2183. Между значениями отношений констант роста и значениями степенных коэффициентов установлена отрицательная корреляция ($r = -0,98103$). На связь параметров уравнения линейного роста и параметров аллометрии было указано ранее для двустворчатых моллюсков перловиц [9].

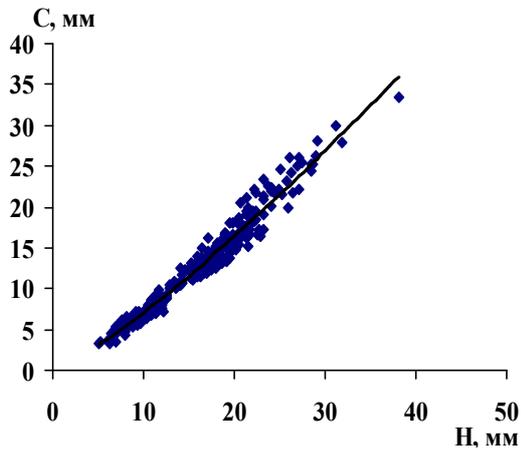


Рисунок 4 – Зависимость ширины от высоты раковин анадары (возраст 0,5 - 3 года)

Зависимость общего веса ($W_{\text{общ.}}$, г) анадары от линейных параметров раковины (L , H , C , мм) для моллюсков возраста от 3 месяцев до 3 лет выражается уравнением степенной функции: $W_{\text{общ.}} = a \cdot X^b$. Подставляя в уравнение конкретные значения длины, высоты или ширины раковины, можно определить ожидаемый общий вес моллюска (табл. 3).

Приведенные уравнения позволяют определить средние и крайние значения общего веса, но не вес конкретной особи, т. к. коэффициенты a и b в каждом уравнении рассчитаны с определенной степенью вероятности. На уровень точности указывает значение коэффициента детерминации R^2 . Зависимость между $W_{\text{общ.}}$ и линейными параметрами считается сильной, если $R^2 > 0,75$. В приведенной таблице коэффициенты $R^2 > 0,9$.

Величины коэффициентов a и b зависят от возрастного состава выборки и физиологического состояния моллюсков. Колебания веса мягких тканей анадары, следовательно, и общего веса, в значительной степени определяются изменением массы гонад в течение репродуктивного цикла. Как показано на примере одно- и двухлетних моллюсков, в июне, перед нерестом, общий вес был максимальным; в сентябре, после нереста, – минимальным (табл. 3). Для анадары с длиной раковины 20 мм, согласно приведенным уравнениям регрессии, разница между средним значением общего веса до и после нереста – 0,82 г, т. е. потери общего веса за нерестовый период составили 27 %.

Известно, что массовый нерест анадары начинался при температуре воды выше 20 °С [11]. В 2005 и 2006 гг. нерест анадары был отмечен в середине июля, а в 2007 г. – в конце июня. Вариаци-

Таблица 3 – Зависимость общего веса ($W_{\text{общ.}}$, г) анадары разного возраста от линейных параметров раковины

Возраст, месяцы, годы; Стадии зрелости гонад	n, экз.	Уравнения зависимости общего веса ($W_{\text{общ.}}$, г) от линейных параметров:		
		длины (L , мм)	высоты (H , мм)	ширины (C , мм)
3 мес.	28	$W = 8 \cdot 10^{-4} \cdot L^{3,1955}$ $4,1 \leq L \leq 10,1$ $R^2 = 0,9388$	$W = 6,6 \cdot 10^{-3} \cdot H^{2,475}$ $2,6 \leq H \leq 7,7$ $R^2 = 0,9037$	$W = 3 \cdot 10^{-3} \cdot C^{4,0514}$ $2,2 \leq C \leq 4,6$ $R^2 = 0,917$
6 мес.	79	$W = 2 \cdot 10^{-4} \cdot L^{3,0809}$ $6,7 \leq L \leq 15,2$ $R^2 = 0,9298$	$W = 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot H^{2,6356}$ $5,0 \leq H \leq 12,5$ $R^2 = 0,9102$	$W = 6,2 \cdot 10^{-3} \cdot C^{2,2323}$ $3,3 \leq C \leq 9,8$ $R^2 = 0,9347$
1 год; преднерестовая стадия	339	$W = 9 \cdot 10^{-5} \cdot L^{3,4658}$ $8,5 \leq L \leq 21,0$ $R^2 = 0,9902$	$W = 4 \cdot 10^{-4} \cdot H^{3,3141}$ $6,5 \leq H \leq 18,6$ $R^2 = 0,9811$	$W = 3,2 \cdot 10^{-3} \cdot C^{2,5865}$ $4,6 \leq C \leq 15,0$ $R^2 = 0,9492$
1 год; стадия посленер. перестр.	335	$W = 2 \cdot 10^{-5} \cdot L^{3,8623}$ $12,7 \leq L \leq 26,0$ $R^2 = 0,9733$	$W = 7 \cdot 10^{-3} \cdot H^{3,7056}$ $10,0 \leq H \leq 21,7$ $R^2 = 0,9509$	$W = 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot C^{2,9696}$ $6,5 \leq C \leq 17,3$ $R^2 = 0,9898$
1,5 года	229	$W = 2 \cdot 10^{-5} \cdot L^{3,8439}$ $12,2 \leq L \leq 27,1$ $R^2 = 0,9832$	$W = 1 \cdot 10^{-4} \cdot H^{3,4752}$ $9,3 \leq H \leq 22,5$ $R^2 = 0,9739$	$W = 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot C^{2,6582}$ $5,6 \leq C \leq 19,5$ $R^2 = 0,9854$
2 года; преднерестовая стадия	551	$W = 7 \cdot 10^{-4} \cdot L^{2,8126}$ $17,5 \leq L \leq 28,6$ $R^2 = 0,9201$	$W = 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot H^{2,6713}$ $14,0 \leq H \leq 23,2$ $R^2 = 0,8948$	$W = 3 \cdot 10^{-3} \cdot C^{2,6193}$ $12,4 \leq C \leq 21,7$ $R^2 = 0,9212$
2 года; стадия посленер. перестр.	228	$W = 6 \cdot 10^{-5} \cdot L^{3,5333}$ $17,3 \leq L \leq 26,8$ $R^2 = 0,9639$	$W = 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot H^{2,7337}$ $12,8 \leq H \leq 22,8$ $R^2 = 0,9066$	$W = 3,4 \cdot 10^{-3} \cdot C^{2,6353}$ $10,4 \leq C \leq 18,5$ $R^2 = 0,857$
3 года	333	$W = 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot L^{2,666}$ $26,1 \leq L \leq 46,0$ $R^2 = 0,8082$	$W = 6,3 \cdot 10^{-3} \cdot H^{2,3204}$ $23,8 \leq H \leq 38,1$ $R^2 = 0,7299$	$W = 8,3 \cdot 10^{-3} \cdot C^{2,3036}$ $19,0 \leq C \leq 33,4$ $R^2 = 0,7017$

Примечание: R^2 – коэффициент детерминации.

большую часть значений общего веса трехлетних моллюсков, объясняется разным репродуктивным состоянием особей, что отразилось на величине коэффициента детерминации R^2 (табл. 3).

Подставляя в эмпирические уравнения значения длины раковины, находим ожидаемые средние значения общего веса, веса раковины, мягких тканей и межстворчатой жидкости (табл. 3 и табл. 4).

Таблица 4 – Зависимость веса раковины, мягких тканей и межстворчатой жидкости анадары от линейных параметров

Возраст, годы	п, экз.	Уравнения зависимости веса от линейных параметров:		
		длины раковины, L, мм	высоты раковины, H, мм	ширины раковины, C, мм
Вес раковины, $W_{\text{рак.}}$, г				
1 - 2	72	$W = 2 \cdot 10^{-4} \cdot L^{2,9519}$ $15,9 \leq L \leq 29,5$ $R^2 = 0,9217$	$W = 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot H^{2,6441}$ $13,2 \leq H \leq 23,7$ $R^2 = 0,8515$	$W = 7 \cdot 10^{-4} \cdot C^{2,9218}$ $10,9 \leq C \leq 19,8$ $R^2 = 0,9569$
Вес мягких тканей, $W_{\text{м. тк.}}$, г				
1	23	$W = 2 \cdot 10^{-4} \cdot L^{2,5617}$ $16,6 \leq L \leq 27,2$ $R^2 = 0,8695$	$W = 8 \cdot 10^{-4} \cdot H^{2,1371}$ $13,3 \leq H \leq 23,6$ $R^2 = 0,8386$	$W = 2,9 \cdot 10^{-3} \cdot C^{1,9163}$ $9,3 \leq C \leq 17,9$ $R^2 = 0,8378$
1,5	20	$W = 4 \cdot 10^{-5} \cdot L^{3,2319}$ $15,9 \leq L \leq 29,5$ $R^2 = 0,8793$	$W = 7 \cdot 10^{-5} \cdot H^{3,2623}$ $15,2 \leq H \leq 23,7$ $R^2 = 0,8869$	$W = 2 \cdot 10^{-4} \cdot C^{3,0338}$ $10,5 \leq C \leq 19,8$ $R^2 = 0,8622$
2	29	$W = 7 \cdot 10^{-5} \cdot L^{2,9367}$ $19,2 \leq L \leq 30,4$ $R^2 = 0,8457$	$W = 3 \cdot 10^{-4} \cdot L^{2,6749}$ $15,6 \leq L \leq 25,7$ $R^2 = 0,7516$	$W = 5 \cdot 10^{-4} \cdot C^{2,5896}$ $14,8 \leq C \leq 22,8$ $R^2 = 0,7126$
Вес межстворчатой жидкости, $W_{\text{м. жид.}}$, г				
1	23	$W = 2 \cdot 10^{-6} \cdot L^{4,2094}$ $16,6 \leq L \leq 27,2$ $R^2 = 0,8122$	$W = 7 \cdot 10^{-5} \cdot H^{3,2663}$ $13,3 \leq H \leq 23,6$ $R^2 = 0,6764$	$W = 2 \cdot 10^{-4} \cdot C^{3,2769}$ $9,3 \leq C \leq 17,9$ $R^2 = 0,8475$
1,5	20	$W = 1 \cdot 10^{-4} \cdot L^{2,8361}$ $15,9 \leq L \leq 29,5$ $R^2 = 0,8618$	$W = 3 \cdot 10^{-4} \cdot H^{2,7439}$ $15,2 \leq H \leq 23,7$ $R^2 = 0,7985$	$W = 8 \cdot 10^{-4} \cdot C^{2,5879}$ $10,5 \leq C \leq 19,8$ $R^2 = 0,7684$
2	29	$W = 9 \cdot 10^{-4} \cdot L^{2,3497}$ $19,2 \leq L \leq 30,4$ $R^2 = 0,8236$	$W = 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot L^{2,3303}$ $15,6 \leq L \leq 25,7$ $R^2 = 0,8259$	$W = 3 \cdot 10^{-3} \cdot C^{2,2009}$ $14,8 \leq C \leq 22,8$ $R^2 = 0,7454$

Доля веса раковины от общего веса составила 51 и 53 %, мягких тканей – 11 и 17 %, межстворчатой жидкости – 38 и 30 % соответственно для моллюсков возраста 1 и 2 года. Увеличение доли веса раковины и мягких тканей с возрастом моллюсков объясняется утолщением раковины и соматическим ростом мягких тканей.

Параметры уравнений зависимости веса раковины от общего веса моллюсков определяются возрастным составом выборки. Для годовиков данная связь характеризуется слабо отрицательной аллометрией роста раковины:

$$W_{\text{рак.}} = 0,5705 \cdot W_{\text{общ.}}^{0,9435}; R^2 = 0,9717; (1,21 \leq W_{\text{общ.}}, \text{ г} \leq 6,95) \quad (7)$$

Для 2 летних моллюсков - приближается к изометрии: коэффициент b близок к 1,0:

$$W_{\text{рак.}} = 0,5293 \cdot W_{\text{общ.}}^{0,999}; R^2 = 0,9198; (3,24 \leq W_{\text{общ.}}, \text{ г} \leq 10,23). \quad (8)$$

Степенной коэффициент уравнения зависимости веса раковины от общего веса моллюсков, определенный для объединенной выборки (возраст 1 - 2 года), составил 0,9631:

$$W_{\text{рак.}} = 0,5624 \cdot W_{\text{общ.}}^{0,9631}; R^2 = 0,9823; (1,21 \leq W_{\text{общ.}}, \text{ г} \leq 10,23). \quad (9)$$

Приведенные уравнения адекватно описывают зависимости: $W_{\text{рак.}}$ от $W_{\text{общ.}}$

Для других видов двустворчатых моллюсков ранее была установлена зависимость результатов расчета параметров регрессии от особенностей местообитания, величины и характера выборки и деталей методики измерения [5].

Заключение

Темп линейного роста анадары *A. inaequalvis*, выращиваемой в садках, зависит от возраста: максимальный прирост отмечен в первый год; к трехлетнему возрасту среднемесячный прирост снизился в два раза. Модели роста моллюсков в длину, высоту и ширину раковины адекватно

описывают их фактический рост. Отмечена отрицательная корреляция между значениями отношений констант роста и значениями степенных коэффициентов. Зависимость общего веса, веса раковины, веса мягких тканей и веса межстворчатой жидкости анадары от линейных параметров раковины аппроксимируются уравнениями степенной функции. Среднее значение общего веса зависит от возраста и физиологического состояния моллюсков. У анадары с длиной раковины 20 мм за нерестовый период общий вес снизился на 27 %. Доля веса раковины от общего веса составила 51 и 53 %, мягких тканей – 11 и 17 %, межстворчатой жидкости – 38 и 30 % соответственно для 1 и 2-летних моллюсков. Связь веса раковины и общего живого веса описывается степенными уравнениями, где значения коэффициента b определяются возрастным составом выборки.

Благодарность

Автор выражает благодарность М. А. Попову за помощь в отборе проб.

Литература

1. Алимов А. Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. – Л.: Наука, 1981. – 248 с.
2. Анистратенко В.В., Халиман И.А. Двустворчатый моллюск *Anadara inaequalis* (Bivalvia, Arcidae) в северной части Азовского моря: завершение колонизации Азово-Черноморского бассейна // Вестник зоологии. – 2006. – Т. 40, № 6. – С. 505 - 511.
3. Бородина А.В., Нехорошев М.В., Солдатов А.А. Каротиноидный состав тканей двустворчатого моллюска *Anadara inaequalis* - вселенца в Черное море // Экология моря. – 2008. – Вып. 76. – С. 34 - 39.
4. Заика В.Е., Макарова Н.Б. Биологический смысл параметров уравнения роста Бергаланфи // Докл. АН СССР. – 1971. – Вып. 199, №1. – С. 242 - 244.
5. Заика В.Е. Аллометрия раковины двустворчатых моллюсков // Морской экологический журнал. – 2004. – Т. III, № 1. – С. 47 - 50.
6. Золотарев В.Н., Золотарев П.Н. Двустворчатый моллюск *Cunearca cornea* – новый элемент фауны Черного моря // Докл. АН СССР. – 1987. – Т. 297, № 2. – С. 501 - 503.
7. Киселева М.И. Сравнительная характеристика донных сообществ у побережья Кавказа // Многолетние изменения зообентоса Черного моря / Отв. ред. В.Е. Заика. – К.: Наукова думка, 1992. – С. 84 - 99.
8. Ревков Н.К., Болтачева Н.А., Николаенко Т.В. и др. Биоразнообразие зообентоса рыхлых грунтов Крымского побережья Черного моря // Океанология. – 2002. – Т. 42, № 4. – С. 561 - 571.
9. Рижинашвили А.Л. Предварительные материалы к проблеме встречаемости и таксономическому разнообразию двустворчатых моллюсков семейства Unionidae из некоторых водоемов Европейской части России // Научные записки Тернопольского национального педагогического университета им. В. Гнатюка : серия : биология. – 2005. – Т. 3, № 26. – С. 372 - 374.
10. Финогенова Н.Л., Данилова М.М. Пищевой спектр и масс- размерные соотношения двустворчатого моллюска *Anadara inaequalis* в Черном море // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2009. – Вып. 20. – С. 279 - 284.
11. Чикина М.В., Колочкина Г.А., Кучерук Н.В. Аспекты биологии размножения *Scapharca inaequalis* (Bruguière) (Bivalvia, Arcidae) в Черном море // Экология моря. – 2003. – Вып. 64. – С. 72 - 77.
12. Чихачев А.С., Фроленко Л.Н., Реков Ю.И. Новый вселенец в Азовское море // Рыбное хозяйство. – 1994. – № 3. – С. 40.
13. Шурова Н.М., Золотарев В.Н. Структура популяций морских двустворчатых моллюсков в районе дельты Дуная // Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2007. – Вып. 15. – С. 556 - 566.
14. Furuta H., One M., Kajita A. Structure of Hemoglobins from Erythrocytes of the Blood Clam, *Anadara* // J. Biochem. – 1977. – Vol. 82, № 6. – Pp. 1723 - 1730.
15. Sahin C.A. Study on the Population Structure and Gonadal Development of *Anadara cornea* (Reev., 1844) in the Eastern Black Sea // Ph.D. Thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Karadeniz Technical University – 1999. – Trabzon (Turkish), 1999. – P. 102.
16. Zenetos A., Gofas S., Russo G. et al. Ciesm Atlas of exotic species in the Mediterranean. – CIESM. Monaco, 2003. – 376 p.
17. Walford L.A. A new graphic method of describing growth of animals // Biol. Bull. – 1946. – Vol. 90, No 2. – Pp. 106 - 109.