

О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ЛИНЕЙНОГО РОСТА МОЛЛЮСКА АНАДАРЫ (*ANADARA INAEQUIVALVIS* BRUGUIÈRE, 1789) КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА

А. М. Жаворонкова, ассист., М. А. Брода, магистрант

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»
e-mail: ann4356@yandex.ua

Исследованы сезонные изменения линейного роста двустворчатого моллюска – анадары (*Anadara inaequalvis*) в Керченском проливе. Работу проводили в 2014-2015 гг. в Керченском проливе. Для анализа роста в мае 2014 г. было отобрано 40 экз. анадары размерной группы 5-10 мм (средняя длина 7,7 мм), которые поместили в сетные садки. Экспериментальное выращивание моллюсков проводили с мая 2014 по ноябрь 2015 г. Показано, что рост моллюска можно описать уравнением Берталанфи: $L_t = 40,6 [1 - e^{-0,042t}]$. Отмечено, что теоретическая кривая весьма упрощенно передает особенности роста анадары, не учитывая влияние размера тела и сезонных изменений температуры воды. Обнаружено, что абсолютная скорость линейного роста (P_r , мм сут⁻¹) этого вида моллюска была наиболее высока на первом году жизни, после чего она начинает снижаться. Показано, что данная характеристика моллюска тесно коррелирует с температурой воды и достаточно хорошо описывается линейным уравнением $P_r = 0,0038 \cdot T - 0,0078$. В отличие от абсолютной скорости, удельная скорость линейного роста анадары (q_r , сут⁻¹) характеризуется устойчивым отрицательным трендом: с возрастанием размера тела ее значение уменьшается. Температура воды также влияет на скорость линейного роста, но ее удельный вес значительно меньше, чем размер (и масса) тела.

Ключевые слова: *Anadara inaequalvis*, линейный рост, абсолютная скорость роста, удельная скорость роста, температура воды

Двустворчатый моллюск *Anadara inaequalvis*, также известный как кровавый моллюск, или арка, принадлежит к семейству Arcidae. Виды этого семейства имеют красный цвет крови из-за высокого уровня гемоглобина, содержащегося в их теле, что позволяет им образовывать колонии в местах обитания с низким содержанием кислорода [16].

Моллюск *A. inaequalvis* широко распространен в Индийском и Тихом океанах, может достигать максимальной длины 9,5 см [19]. Как правило, анадара предпочитает места с изобилием планктона, рядом с устьями рек, а также мягкий субстрат, к примеру, глину и песок, где моллюск может легко закапываться [17]. Для Азово-Черноморского бассейна *A. inaequalvis* является аутоакклиматизантом, проникшим путем завоза ее личинок с балластными водами морских судов [2, 6].

Впервые анадара обнаружена в Черном море в 1968 г. [8], а в 1980-х гг. этот моллюск стал встречаться в бентали северо-западной части Черного моря. Затем он появился в юго-восточной части моря, после чего был обнаружен в Керченском проливе [6], через который проник в Азовском море [2, 11, 13].

Представители этого семейства имеют высокую экономическую ценность в Индо-Тихоокеанском регионе (Малайзия, Западная Индия). Род *Anadara* является важным объектом марикультуры в Китае, Малайзии, Таиланде и Корее [18]. В настоящее время имеет место массовое оседание личинок на субстраты и коллекторные установки мидийных и устричных ферм в Черном море, в связи с чем анадара является потенциальным объектом прибрежного промысла и культивирования у берегов Крыма [13].

В результате разнообразных исследований, проведенных рядом ученых в Азово-Черноморском бассейне, были получены данные о биологии и экологии этого вида, однако многие вопросы, представляющие интерес для культивирования анадары, остались малоизученными. Изучение экологических и физиологических особенностей необходимо для достижения оптимизации условий промышленного выращивания этого моллюска [5]. Одним из таких вопросов является определение скорости роста анадары. Этот показатель является важнейшим компонентом энергетического баланса организма и отражает его расходную часть, указывая на изменения физиологического состояния под влиянием различных экологических факторов. Подобные исследования на анадаре проводились у побережья Крыма [4, 7, 10] и Турции [14].

В задачу настоящей работы входило изучение линейного роста анадары в зависимости от массы тела и температуры воды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работу проводили в 2014-2015 гг. в Керченском проливе. Необходимо отметить, что изучение роста анадары было связано с определенными трудностями, особенно с получением данных на ранних стадиях онтогенеза. Как известно, размножение этого вида в Черном море происходит в летний период при температуре воды выше 20 °C [12, 14]. По материалам, полученным в северо-восточной части Черного моря, показано, что созревание и нерест этого вида проходят с июня по конец августа-начало сентября [12], по другим данным – с июня по сентябрь [14]. Осенью начинается пелагический период жизни, заканчивающийся оседанием спата и последующим ростом моллюсков на субстрате. Таким образом, периоды раннего онтогенеза нами не изучены, поэтому изучение роста анадары можно было начать лишь тогда, когда произошло оседание и сформировался спат. Поскольку весной группа размером 5-10 мм была доминирующей, мы приняли ее за основу, а возраст молодежи был принят равным 6,5 месяцев.

Для анализа роста в мае 2014 г. было отобрано 40 экз. анадары размерной группы 5-10 мм (средняя длина 7,7 мм), которые поместили в сетные садки; экспериментальное выращивание моллюсков проводили с мая 2014 по ноябрь 2015 г. на экспериментальной базе КГМТУ в Керченском заливе. Кроме того, было отобрано 142 особи этого вида, на которых определяли выживаемость моллюсков. Погибшие особи в процессе их выращивания заменялись. Температура во время выращивания варьировала в пределах от 2,1 до 25,7 °C, соленость колебалась в диапазоне 13,1-14,8 ‰.

Для характеристики роста анадары с помощью штангенциркуля проводили измерение длины (L), высоты (H) и толщины (выпуклости – D) моллюсков с интервалом 1,5-2 мес. В процессе выращивания популяции происходил небольшой отход (гибель) отдельных особей моллюсков. Количество и размер элиминированных моллюсков фиксировали отдельно и, вместо погибших животных, в садки вносились особи такой же размерной группы, что и у погибших моллюсков. Кривую линейного роста анадары рассчитывали по уравнению Л. Берталанфи [1, 3, 9, 15]:

$$L_t = L_{\infty} \cdot [1 - e^{-k(t-t_0)}],$$

где L_t – масса моллюска за время t ; L_{∞} – максимальная масса моллюска; k – константа роста.

Удельную (q , сут⁻¹) и абсолютную (P , мм сут⁻¹) скорости роста моллюсков определяли по следующим уравнениям [1, 5, 10]:

$$q_1 = (\ln \cdot (L_{t+1} / L_t)) / 30 \cdot (t_2 - t_1); P_1 = q_1 \cdot L_s,$$

где L_t и L_{t+1} – длина моллюсков между двумя последовательными интервалами измерения размера моллюсков, L_s – средняя длина моллюска $(L_{t+1} + L_t) / 2$. Математическую обработку осуществляли с помощью компьютерных статистических программ Origin 8.5 и электронных таблиц Excel-2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 представлены данные по линейному росту анадары в Керченском проливе. Из него видно, что у исследованного вида, как и для большинства других видов двустворчатых моллюсков,

кривую роста можно описать уравнением Л. Берталанфи, которое в численной форме имеет следующий вид:

$$L_t = 40,6 \cdot [1 - e^{-0,042t}] \quad (1)$$

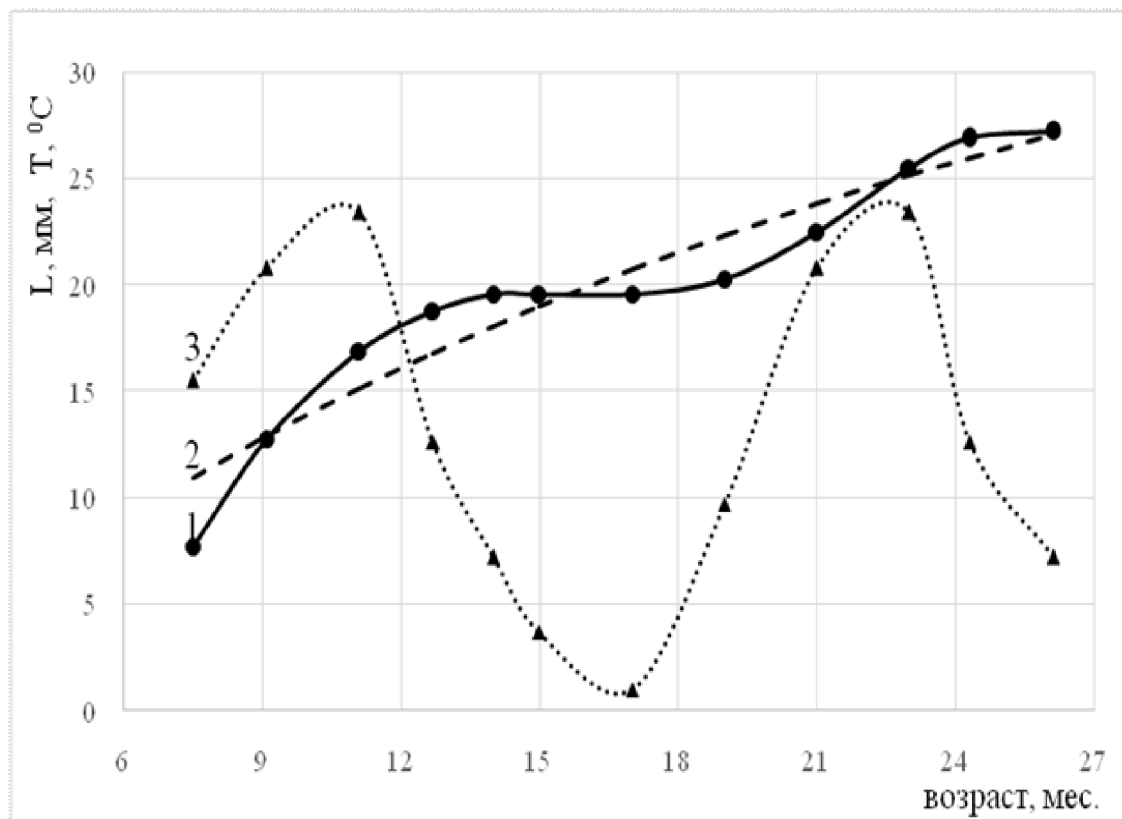


Рис. 1 Изменение кривой линейного роста анадары в процессе индивидуального развития: 1) эмпирические данные; 2) теоретическая кривая; 3) температура воды

Хотя теоретическая кривая в целом достаточно хорошо передает общую тенденцию изменений линейного роста, из нее видно, что она весьма упрощенно передает ее особенности. В частности, эмпирические данные свидетельствуют о характерных процессах ускорения, замедления и полной остановки роста моллюсков в различные сезоны года. В связи с этим проанализированы особенности изменения абсолютной (P_t) и удельной скорости (q_t) линейного роста этого вида.

Анализ данных показал существенные различия в динамике абсолютной и удельной скоростей линейного роста анадары (рис. 2).

На представленном рисунке видно, что максимальные значения суточного прироста длины анадары (P_t , мм сут⁻¹) наблюдались на первом году жизни, после чего происходило устойчивое снижение этого показателя. Кроме того, анализ показал, что в процессе роста наблюдалась тесная корреляция скорости роста с температурой воды: с возрастанием последней суточный прирост моллюсков возрастает, тогда как с понижением температуры скорость роста заметно уменьшалась.

В частности, наибольшая скорость линейного роста наблюдалась в июле-августе при температуре 23-24,6 °C, где она достигала максимума (0,10 мм сут⁻¹). С понижением температуры воды (сентябрь-октябрь) до 18-13 °C прирост заметно уменьшался, что в ноябре (7-8 °C) приводило к полной остановке роста моллюска (рис. 2).

В течение всей зимы до марта включительно изменения ростовых процессов у анадары не обнаружены, однако в апреле, с прогревом воды до 11,3 °C, наблюдалась слабая активизация линейного роста моллюсков. После этого в мае-июне, с повышением температуры до 16-21 °C, скорость ростовых процессов заметно возросла, достигнув максимума в июле-августе (0,05 мм сут⁻¹). Следовательно, последующее снижение температуры воды приводит к уменьшению абсолютной скорости роста моллюсков. Связь P_t с температурой воды (T) достаточно хорошо описывалась линейным уравнением:

$$P_l = 0,0038 \cdot T - 0,0078, n = 12, r^2 = 0,695.$$

(2)

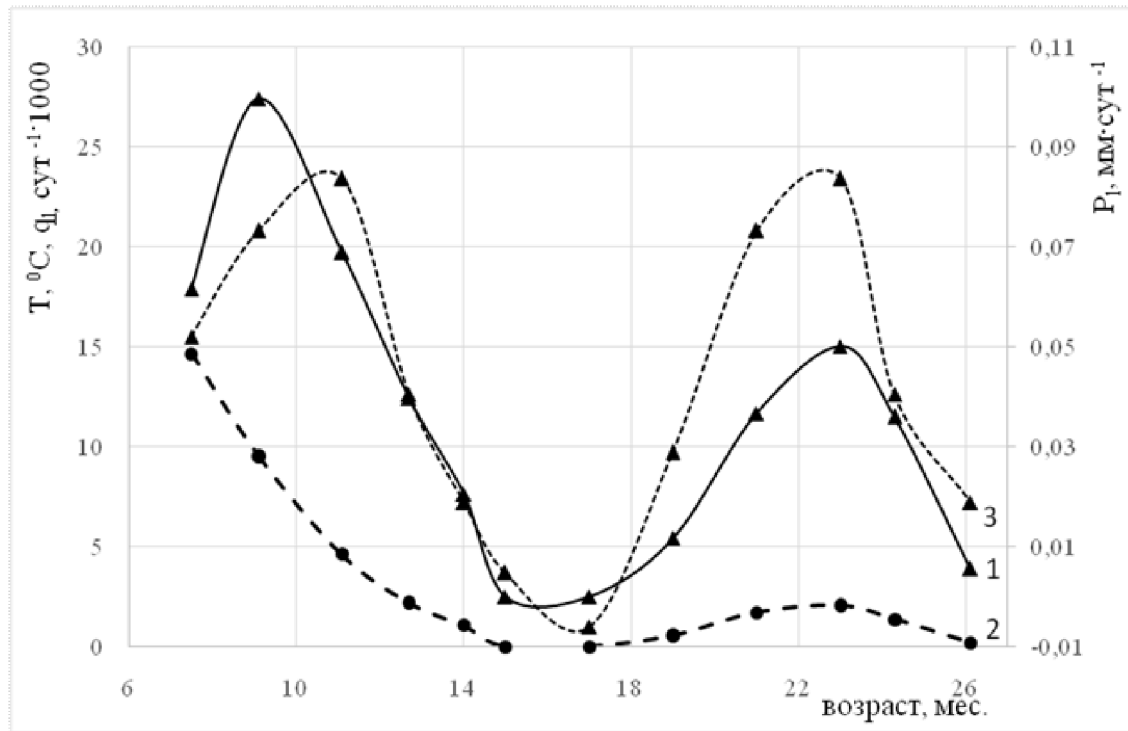


Рис. 2 Динамика абсолютной (1) и удельной (2) скорости линейного роста анадары, выращиваемой в Керченском проливе (3 – температура воды за исследуемый период)

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что абсолютные скорости линейного роста в значительной степени синхронизированы с температурой воды – с возрастанием последней суточный прирост увеличивается, и наоборот, падает при ее снижении (рис. 3).

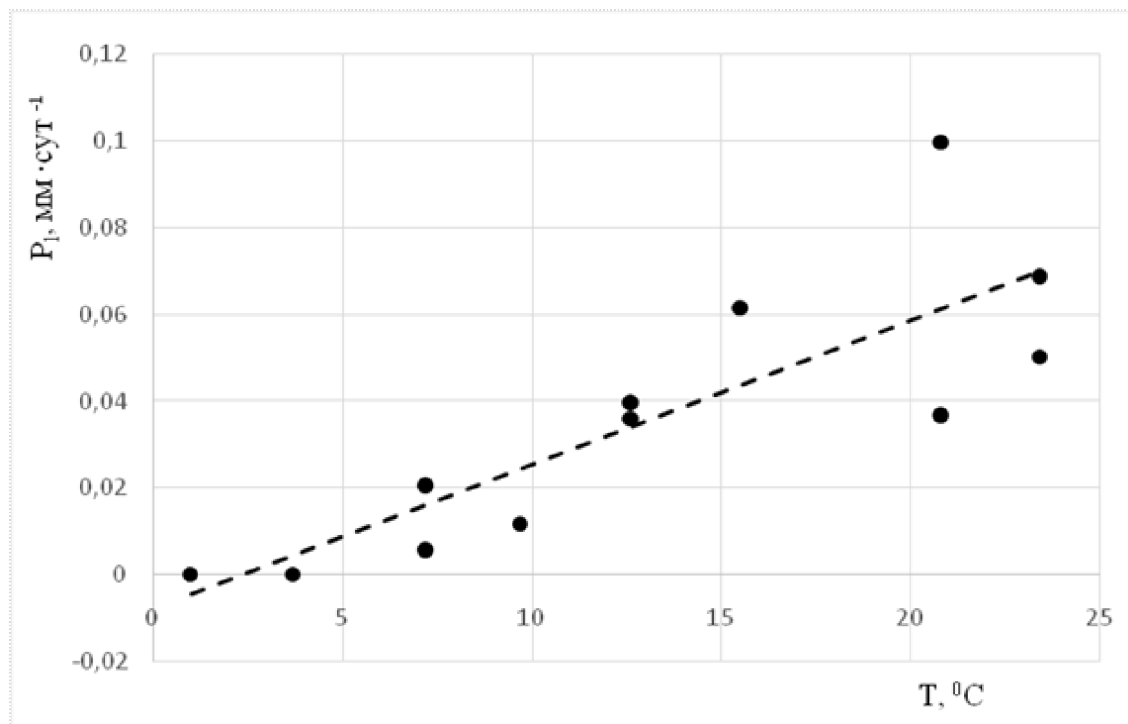


Рис. 3 Связь абсолютной скорости роста (P_l , мм сут⁻¹) анадары с температурой воды (T , °C) в процессе индивидуального развития

Температура биологического нуля (остановка ростовых процессов) у анадары, по-видимому, находится в диапазоне 10–12 °С, что хорошо согласуется с имеющимися в литературе данными. В частности, в работе турецких исследователей [14] было показано, что остановка роста этого вида наблюдается, когда температура воды становится ниже 10 °С.

В то же время удельная скорость роста моллюска (q_l , сут⁻¹) характеризуется несколько иным трендом (рис. 2). В процессе онтогенеза значение q_l устойчиво снижается, т. е. уменьшение удельной скорости роста в первую очередь определяется размерами (и массой тела). Следует отметить, что температура воды заметно влияет на величину q_l . С возрастом и увеличением размера и массы тела при изменении температуры воды наблюдается как возрастание, так и снижение удельной скорости линейного роста.

При проведении продукционных исследований полученные данные по линейному росту анадары можно трансформировать в материалы по весовому росту моллюска. Используя ранее полученное уравнение [4], связывающее длину с массой тела этого вида, можно определить массу тела животного:

$$W = 3,36 \times 10^{-4} \cdot L^{2,966 \pm 0,058}, r^2 = 0,982. \quad (3)$$

На основе уравнения (3) можно определить кривую весового роста и охарактеризовать траты энергии на прирост висцеральной массы тканей и раковины в онтогенезе данного вида моллюсков.

ВЫВОДЫ

1. Исследован линейный рост двустворчатого моллюска анадары в течение 3-летнего периода роста в Керченском проливе. Показано, что кривую линейного роста можно описать уравнением Л. Бергаланфи: $L_t = 40,6 [1 - e^{-0,042 \cdot t}]$.
2. Показано, что абсолютная скорость линейного роста (P_l , мм сут⁻¹) этого вида моллюсков была наиболее высока на первом году жизни, после чего она начинала снижаться.
3. Обнаружено, что скорость линейного роста анадары тесно коррелирует с температурой воды и описывается линейным уравнением: $P_l = 0,0038 \cdot T - 0,0078$.
4. В отличие от абсолютной скорости, удельная скорость линейного роста моллюска (q_l , сут⁻¹) характеризовалась устойчивым отрицательным трендом – с возрастанием размера тела ее значение устойчиво снижалось. Температура также влияет на скорость линейного роста, но ее вклад в этот процесс значительно меньше, чем возрастание размера (и массы) тела.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. – М.: Наука, 1981. – 248 с.
2. Анистратенко В.В., Халиман И.А. Двустворчатый моллюск *Anadara inaequalvis* (Bivalvia, Arcidae) в северной части Азовского моря: завершение колонизации Азово-Черноморского бассейна // Вестник зоологии. – 2006. – Т. 40, № 6. – С. 505–511.
3. Винберг Г.Г. Скорость роста и интенсивность обмена у животных // Успехи современной биологии. – 1966. – Т. 61, № 2. – С. 274–293.
4. Жаворонкова А.М., Золотницкий А.П. Характеристика аллометрического роста двустворчатого моллюска анадары (*Anadara inaequalvis*, Bruguière, 1789) Керченского пролива // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – Симферополь, 2014. – Вып. 10 (29). – С. 128–134.
5. Заика В.Е. Балансовая теория роста животных. – К.: Наукова думка, 1985. – 252 с.
6. Золотарев В.Н., Золотарев П.Н. Двустворчатый моллюск *Cunearca cornea* – новый элемент фауны Черного моря // Доклады АН СССР. – 1987. – Т. 297, № 2. – С. 501–503.
7. Золотницкий А.П., Вижевский В.И. Некоторые данные по росту и аллометрии двустворчатого моллюска кунearки (*Cunearca cornea* Reeve) как возможного объекта черноморской марикультуры // Рыбное хозяйство Украины. – 2005. – № 3/4. – С. 19–21.
8. Киселева М.И. Сравнительная характеристика донных сообществ у побережья Кавказа // Многолетние изменения зообентоса Черного моря / под ред. В.Е. Заики. – К.: Наукова думка, 1992. – С. 84–99.

9. Мина М.В., Клевезаль Н.А. Рост животных. – М.: Наука, 1976. – 291 с.
10. Пиркова А.В. Рост двустворчатого моллюска *Anadara inaequalis* (Bivalvia) в Черном море при садковом выращивании // Труды ЮгНИРО. – Керчь: ЮгНИРО, 2012. – Т. 52. – С. 73-78.
11. Фроленко Л.Н. Зообентос Азовского моря в условиях антропогенных воздействий : автореф. дис. канд. биол. наук. – Ростов-н/Д., 1996. – 22 с.
12. Чукина 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.
13. Чихачев А.С., Фроленко Л.Н., Ревков Ю.И. Двустворчатый моллюск *Anadara* sp. – новый вселенец в Азовское море // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азовского бассейна. – Ростов-н/Д., 1996. – С. 165-168.
14. Acarli, S., Lok, A., Yigitkurt, S. Growth and survival of *Anadara inaequalis* (Bruguière, 1789) in Sufa Lagoon, Izmir, Turkey // The Israeli Journal of Aquaculture. – Bamidgheh, 2012. – Vol. 64. – P. 1-7.
15. Bayne, B.L. Marine mussels: their ecology and physiology / Ed. B.L. Bayne. – Camb. Univ. Press, 1976. – P. 385-410.
16. Kawamoto, N. Oxygen capacity of the blood of certain invertebrates which contains hemoglobin. – Sci. Rep. Tohoku Univ., 1998. – 4th Ser. – P. 561-575.
17. Sahin, C. The benthic exotic species of the Black Sea: blood cockle (*Anadara inaequalis*, Bruguière, 1789: Bivalve) and rapane whelk (*Rapana thomasi*, Crosse, 1861: mollusc) / H. Emiral, I. Okumus, A.M. Gozler, F. Kalaycu, N. Hacimurtezaoglu // J. Animal and Veterinary Advances. – 2009. – Vol. 8, No 2. – P. 240-245.
18. FAO. Fisheries Statistics // Aquaculture Production. – Rome, 2004. – 98 (2). – 104 pp.
19. Fischer, W., Bauchot, M. L., Schneider, M. Fiches FAO d'identification especes pour les besoins de la pe (Revisiion 1). Mediterranee et mere Noire, Zone de peche 37. – Revisiion 1. – Vegetauxet Invertebres. – Rome, 1987. – Vol. 1. – 631 p.

Поступила 13.02.2017 г.

Some regularities of linear growth of bivalve *Anadara inaequalis* (Bruguière, 1789) of the Kerch Strait. A. M. Zhavoronkova, M. A. Broda. Seasonal changes in linear growth of the bivalve blood cockle *Anadara inaequalis* in the Kerch Strait were investigated. The materials were collected in 2014-2015 in the Kerch Strait (Black Sea). In May 2014, 40 specimens of the blood cockle (its age group equaled 5-10 mm with the average length 7.7 mm) were selected for further culture from May 2014 to November 2015. It was shown that during the culture process the growth of this mollusc can be described by Bertalanffy equation: $L_t = 40,6 \cdot [1 - e^{-0,042 \cdot t}]$. The theoretical curve is only able to report the growth characteristics of the blood cockle in a very simple way, without taking into account the influence of body size and seasonal changes of water temperature. It was found out that the absolute rate of the blood cockle linear growth (P_p , mm·day⁻¹) was highest during the first year of its life, afterwards it begins to decline. The growth rate of the mollusc's length is closely correlated with water temperature and is described by the equation: $P_t = 0,0038 \cdot T - 0,0078$. In contrast to the absolute speed, the specific rate of *A. inaequalis* linear growth (q_p , day⁻¹) is characterized by a stable negative trend – with the body size increase its value decreases. Water temperature also affects the rate of linear growth but its effect is much less than the effect of its body size (and weight).

Keywords: *Anadara inaequalis*, linear growth, absolute growth rate, specific growth rate, water temperature