

## РАЗМЕРНО-ВЕСОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *ANADARA KAGOSHIMENSIS* (ТОКУНАГА, 1906) – ВСЕЛЕНЦА В АЗОВСКОЕ МОРЕ

© 2023 Дикарева Ю.Д.\*, Рябушко В.И.

Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»,  
Севастополь, 299011, Россия  
e-mail: \*dikareva.julija@rambler.ru

Поступила в редакцию 16.06.2023. После доработки 29.07.2023. Принята к публикации 26.08.2023

В результате проведённой работы впервые изучены размерно-весовые характеристики вида-вселенца в Азовское море – двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906). Связь между аллометрическими показателями моллюска (размеры и масса) аппроксимировали степенной функцией. Максимальный коэффициент детерминации отмечен для степенной зависимости общей массы анадары от ширины её раковины, а минимальный – от высоты раковины. Максимальный коэффициент детерминации получен для степенной зависимости сырой массы мягких тканей анадары от длины её раковины, а минимальный – от ширины раковины. Отношение сухой и сырой массы мягких тканей равно 0.16. При сравнении разных мест обитания анадары в Чёрном, Азовском и Эгейском морях отмечено, что садковое содержание моллюсков в водах с умеренной солёностью является наиболее благоприятным условием для их максимального роста.

**Ключевые слова:** вид-вселенец, двустворчатый моллюск *Anadara kagoshimensis*, линейные и весовые характеристики, уравнения регрессии, Азовское море.

DOI: 10.35885/1996-1499-16-3-48-54

### Введение

Родиной двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* являются тёплые воды Индо-Пацифики, побережья Японии, Малайзии, Кореи, Индонезии и севера Австралии. В Чёрное море анадару завезли с балластными водами судов, а с 1980 г. моллюск начал колонизировать весь черноморский регион [Золотарев, Золотарев, 1987], в частности воды Болгарии [Zenetos et al., 2010]. Анадара обитает в илистых, глиняных или песчаных грунтах, на глубине 3–60 м, в которые может закапываться [Маринов, 1990; Sahin et al., 2009; Ревков, 2015; Ревков, Щербань, 2017]. В Азовском море *A. kagoshimensis* впервые найдена в 1989 г. в северной части Казантипского залива [Чихачев и др., 1994] и уже к 1997 г. моллюск полностью заселил и южную часть на глубинах до 11 м, завершив колонизацию Азово-Черноморского бассейна [Анистратенко, Халиман, 2006]. Ранее этот вид анадары имел название *Anadara inaequalis* (Bruguère, 1789), но его систематическое положение было уточнено с использованием ге-

нетических методов – *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) [Krapal et al., 2014]. Большая продолжительность жизни и высокая численность, ценный элементный состав и биохимические свойства делают анадару перспективным объектом конхиокультуры [Furuta et al., 1977].

Известно, что исследование структуры поселений гидробионтов является одной из ключевых задач гидробиологии. Такие интегральные популяционные параметры, как размерная и весовая структура гидробионтов, могут характеризовать экологические условия обитания животных, в частности моллюсков. Поэтому цель настоящей работы – изучение размерно-весовых характеристик *Anadara kagoshimensis* из Азовского моря с учётом зависимости общей массы и массы мягких тканей от длины, высоты и ширины раковины.

### Материалы и методы

Для исследования размерно-весовых характеристик *A. kagoshimensis* выбрали бухту



Рис. 1. Карта-схема места отбора проб анадары *Anadara kagoshimensis* в бухте Татарская (Азовское море).

Татарская (45°26'51" с. ш., 35°50'46" в. д.), расположенную вблизи Казантипского заповедника в Азовском море (рис. 1), с благоприятными для данного вида условиями обитания. Живую анадару собирали сразу после шторма на песчаном берегу бухты в октябре 2022 г. Температура воды в море составляла 15 °С, солёность – 14.83 ‰. Собрано 150 экз. моллюсков с длиной раковин от 21.8 до 41.1 мм и индивидуальной массой от 3.9 до 23.0 г.

Для анализа размерных характеристик у моллюсков определяли следующие линейные параметры с помощью цифрового штангенциркуля ШЦ-1 «Зубр» (точность 0.01 мм):

- длину раковин (L) по наибольшему расстоянию от макушки до противоположного края;

- высоту раковин (H) по наибольшему расстоянию от одного края раковины до противоположного края;

- ширину раковин (C) по наибольшему расстоянию от одного края самых выпуклых частей раковины до противоположного края (рис. 2).

Общую массу анадары вместе с мантийной жидкостью и гемолимфой измеряли с помощью электронных весов «ОНАУС» (точность 0.01 г.). Затем створки моллюсков открывали и извлекали ткани. Ткани промокали фильтровальной бумагой, взвешивали и высушивали в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы. Изучение размерно-весовых характеристик осуществляли с помощью стандартных гидробиологических методов, статистическую обработку данных проводили в программе

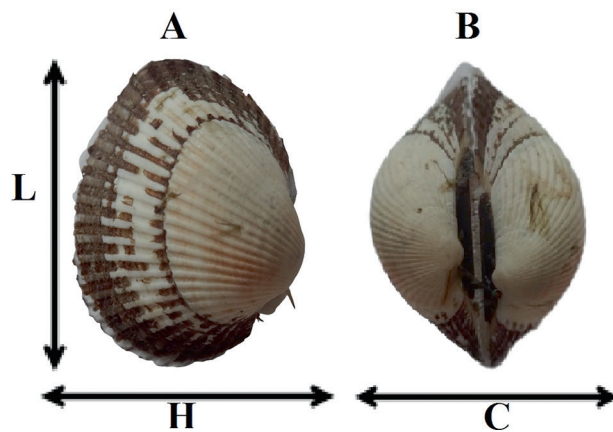


Рис. 2. Раковина *Anadara kagoshimensis*: А – вид сбоку, L – длина, H – высота; В – вид сверху, C – ширина.

«Excel». Связь между аллометрическими показателями *A. kagoshimensis* (размеры и масса) аппроксимировали степенной функцией:  $Y = a \times X^b$ , где Y и X – исследуемые параметры моллюска, a – коэффициент пропорциональности при X = 1, b – степенной коэффициент.

### Результаты и обсуждение

Зависимость общей массы моллюска от длины, высоты и ширины его раковины хорошо описывается степенными функциями (уравнения 1–3) с высокими коэффициентами детерминации ( $R^2$ , n=150):

$$W_{\text{общ.}} = 0.0011 L^{2.648}, R^2 = 0.899 \quad (1)$$

$$W_{\text{общ.}} = 0.0009 H^{2.921}, R^2 = 0.851 \quad (2)$$

$$W_{\text{общ.}} = 0.0054 C^{2.473}, R^2 = 0.967 \quad (3)$$

где W общ. – общая масса моллюска, г; L – длина раковины, мм; H – высота раковины, мм; C – ширина раковины, мм (рис. 3).

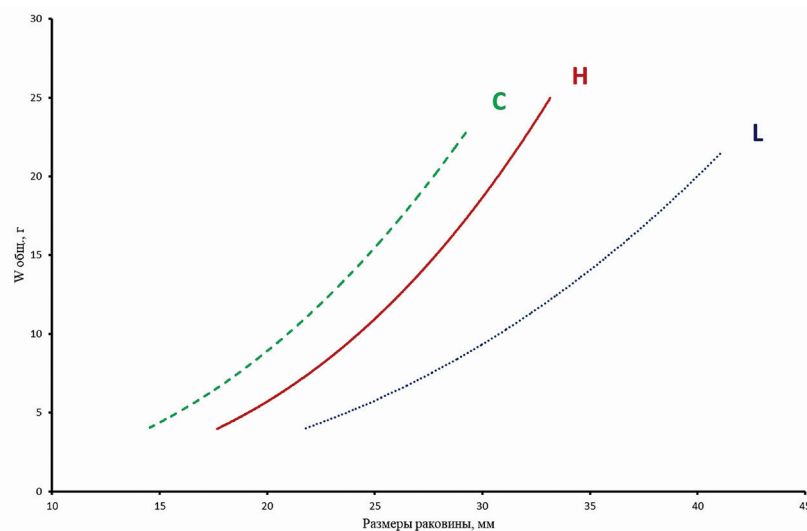
Таким образом, максимальный коэффициент детерминации отмечен для степенной зависимости общей массы анадары от ширины её раковины, а минимальный – от высоты раковины.

Зависимость сырой массы мягких тканей моллюска от длины, высоты и ширины её раковины хорошо описывается степенными функциями (уравнения 4–6) с высокими коэффициентами детерминации ( $R^2$ , n=150):

$$W_{\text{сыр.}} = 0.00008 L^{2.950}, R^2 = 0.930 \quad (4)$$

$$W_{\text{сыр.}} = 0.00007 H^{3.232}, R^2 = 0.869 \quad (5)$$

$$W_{\text{сыр.}} = 0.001 C^{2.493}, R^2 = 0.818 \quad (6)$$



**Рис. 3.** Зависимость общей массы ( $W_{\text{общ.}}$ ) от длины (L), высоты (H) и ширины (C) раковины *Anadara kagoshimensis*.

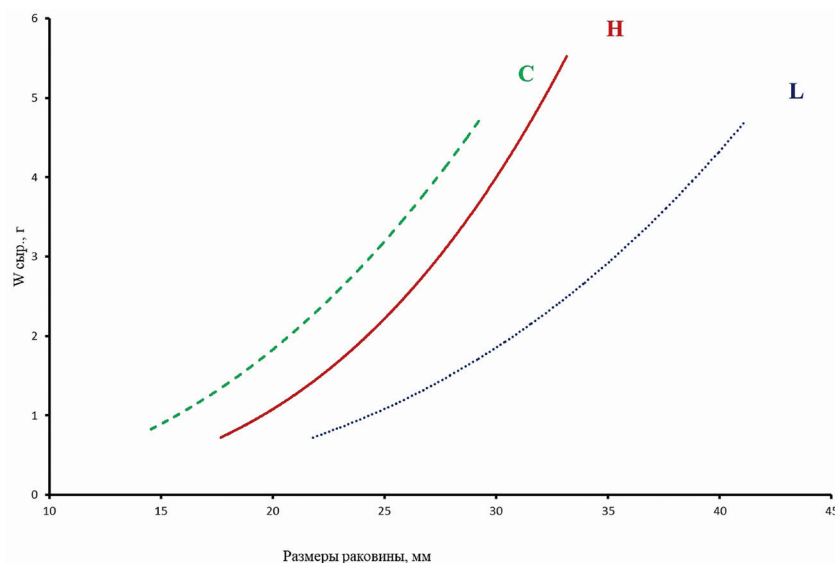
где  $W_{\text{сыр.}}$  – сырая масса мягких тканей моллюска, г; L – длина раковины, мм; H – высота раковины, мм; C – ширина раковины, мм (рис. 4).

Таким образом, максимальный коэффициент детерминации отмечен для степенной зависимости сырой массы мягких тканей анадары от длины её раковины, а минимальный – от ширины раковины. Сухая ( $W_{\text{сух.}}$ ) и сырая массы мягких тканей ( $W_{\text{сыр.}}$ ) находятся в соотношении:  $W_{\text{сух.}} = 0.16 W_{\text{сыр.}}$

На рост моллюсков влияют разнообразные факторы. Так, ранее приведены сведения о росте *Anadara tuberculosa* и *A. similis* из экологического мангрового заповедника Каяпас-Матахе (Эквадор) в зависимости от пола

и сезона [Flores, Licandeo, 2010]. Отмечено, что в субпопуляциях моллюсков в течение всего года преобладали самки, которые были крупнее самцов. Кроме того зафиксировано, что длина раковины самок в дождливый сезон статистически выше, чем в сухой сезон. Причём у самцов такая зависимость не выявлена.

Полученные в статье результаты можно сравнить с данными других авторов, изучающих анадару в Средиземноморском бассейне [Вялова, 2011; Пиркова, 2012; Acarli et al., 2012; Жаворонкова, Золотницкий, 2014; Жаворонкова, Брода, 2017]. Большая часть исследований данного вида связана с изучением особенностей роста и условиями обитания



**Рис. 4.** Зависимость сырой массы мягких тканей ( $W_{\text{сыр.}}$ ) от длины (L), высоты (H) и ширины (C) раковины *Anadara kagoshimensis*.

моллюсков. Экспериментально установлены параметры роста анадарты в северо-западной и северо-восточной части Чёрного моря и определены зависимости морфометрических показателей моллюсков [Чикина и др., 2003; Шурова, Золотарёв, 2007; Финогенова, Данилова, 2009].

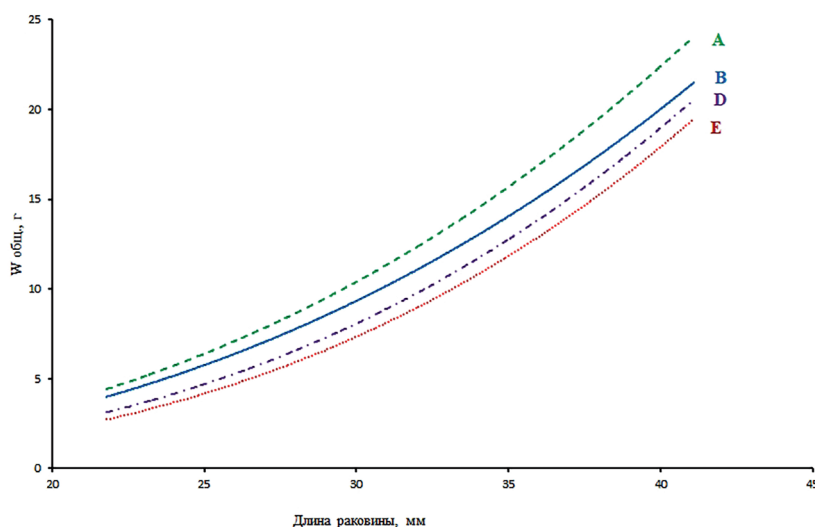
Первые работы по выращиванию анадарты в подвесной культуре начались в 2007 г. в районе мыса Кикинейз, Крым, Чёрное море [Вялова, 2011]. Описаны линейный и весовой рост в первые три года жизни при садковом выращивании в бухте Карантинной (Чёрное море) в зависимости от возраста и репродуктивного цикла [Пиркова, 2012]. Показано, что максимальная скорость роста моллюсков происходит в первый год жизни (1.33 мм/мес.), а к трём годам она уменьшается вдвое (0.67 мм/мес.). Наряду с этим были представлены модели роста раковины в длину, высоту и ширину, а также получены зависимости общей массы, массы сырых мягких тканей от линейных размеров раковины в виде уравнений степенной функции.

Зависимость высоты и выпуклости створок от длины характеризуется положительной аллометрией, взаимосвязь длины раковины и массы моллюска описана отрицательной аллометрией, близкой к изометрии [Вялова, 2011; Жаворонкова, Золотницкий, 2014]. В эксперименте, проведённом в Керченском проливе, линейный рост анадарты в

зависимости от массы тела описан уравнением Бергаланфи [Жаворонкова, Брода, 2017]. Отмечено, что скорость роста коррелирует с температурой воды.

Однако в литературе отсутствуют сведения о сравнении размерно-весовых характеристик *A. kagoshimensis*, обитающей в Азовском море, с аналогичными данными для других регионов. Для этого были построены графики зависимости общей массы моллюска от длины раковины из разных мест обитания (рис. 5): Азовское море, Чёрное море в районе бухты Карантинной [Пиркова, 2012], Керченский пролив [Жаворонкова, Золотницкий, 2014] и Эгейское море [Acarli et al., 2012].

В работе А.В. Пирковой (2012) анадарты содержали в садках на мидийно-устричной ферме. Здесь увеличение массы моллюсков с ростом длины раковины наиболее существенное:  $W_{\text{общ.}} = 1.2 \cdot 10^{-3} L^{2.666}$  ( $R^2 = 0.808$ ) (рис. 5 А). Возможно, это связано с тем, что ферма расположена в открытом море в условно-чистом районе, где происходит непрерывная циркуляция воды, лучше кормовая база и кислородные условия, отсутствуют естественные враги. Места обитания вида в бухте Татарская Азовского моря также можно считать относительно чистыми, поскольку моллюсков отбирали вблизи Казантипского заповедника. Здесь они живут в рыхлом грунте – оптимальном местообитании анадарт, которые предпочитают зарываться в песок. По



**Рис. 5.** Зависимость общей массы ( $W_{\text{общ.}}$ ) от длины раковины ( $L$ ) *Anadara kagoshimensis* для разных мест обитания: А – Чёрное море [Пиркова, 2012]; В – Азовское море, оригинальные данные; D – Керченский пролив [Жаворонкова, Золотницкий, 2014]; E – Эгейское море [Acarli et al., 2012].



нашим данным, увеличение массы с ростом длины раковины также происходит с высокой скоростью (уравнение 1) (рис. 5 В).

В Керченском проливе масса моллюска при одинаковой длине раковины меньше:  $W_{\text{общ.}} = 3.36 \cdot 10^{-4} L^{2.966}$  ( $R^2 = 0.982$ ), чем у анадары, собранной в бухте Татарская (рис. 5 В и D). Возможно, это связано с тем, что пролив подвержен значительной антропогенной нагрузке и условия обитания моллюсков ухудшаются. В Эгейском море (Измир, Турция) при выращивании анадары в подвесной культуре отмечены самые низкие показатели роста моллюсков:  $W_{\text{общ.}} = 0.1972 L^{3.0948}$  ( $R^2 = 0.96$ ) [Acarli et al., 2012] (рис. 5 E). Следует отметить, что солёность воды при выращивании анадары в этом регионе изменялась от 33.4 до 43.8 ‰ и была в 2–3 раза выше, чем в Азово-Черноморском бассейне. Остальные условия обитания моллюсков были схожими с другими регионами. Можно предположить, что именно солёность в наибольшей степени влияет на размерные и весовые характеристики анадары. Так, максимальная масса моллюска (24 г) отмечена в Чёрном море при средней солёности воды 17 ‰. Анадара относится к эвригалинным моллюскам, но наиболее благоприятная среда обитания для неё – воды с умеренной солёностью.

### Выводы

В результате проведённой работы впервые установлены размерно-весовые характеристики двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* – вселенца в Азовское море. Результаты представлены в виде степенных уравнений с высокими коэффициентами детерминации. Максимальный коэффициент отмечен для зависимости общей массы анадары от ширины её раковины, а минимальный – от высоты створок. При описании зависимости массы мягких тканей от линейных параметров максимальный коэффициент обнаружен для зависимости с длиной раковин, а минимальный – с шириной створок. При сравнении разных мест обитания анадары в Чёрном, Азовском и Эгейском морях отмечено, что садковое содержание моллюсков в водах с умеренной солёностью является наиболее благоприятным условием для их мак-

симального роста. Полученные результаты имеют практическое значение для развития конхиокультуры, поскольку позволяют определить массу мягких тканей анадары по линейным размерам моллюска без его предварительного вскрытия.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность старшему научному сотруднику отдела аквакультуры и морской фармакологии ФИЦ ИнБЮМ, кандидату биологических наук, Пирковой Анне Васильевне за консультации.

### Финансирование работы

Работа выполнена по теме ФИЦ ИнБЮМ: «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» № гос. регистрации 121030300149-0.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

### Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием животных в экспериментах, выполненных кем-либо из авторов.

### Литература

- 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.
- Вялова О.Ю. Ростовые, морфометрические и биохимические характеристики анадары *Anadara inaequalis* в Чёрном море (акватория Голубого Залива, ЮБК) // В сб.: Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей. 2011. С. 189–192.
- Жаворонкова А.М., Брода М.А. О некоторых закономерностях линейного роста моллюска анадары (*Anadara inaequalis* Bruguière, 1789) Керченского пролива // Труды ЮгНИРО. 2017. Т. 54. С. 110–115.
- Жаворонкова А.М., Золотницкий А.П. Характеристика аллометрического роста двустворчатого моллюска анадары (*Anadara inaequalis*) Керченского пролива // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2014. № 10. С. 128–133.

- Золотарёв В.Н., Золотарёв П.Н. Двустворчатый моллюск *Cunearca cornea* – новый элемент фауны Чёрного моря // Докл. АН СССР. 1987. Т. 297. № 2. С. 501–502.
- Маринов Т.М. Зообентос Болгарского сектора Чёрного моря // София: Изд-во Болгарской академии наук, 1990. 195 с.
- Пиркова А.В. Рост двустворчатого моллюска *Anadara inaequalis* (Bivalvia) в Чёрном море при садковом выращивании // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: Материалы VII Междунар. конф., Керчь, 20–23 июня 2012 г. Керчь: ЮгНИРО, 2012. Т. 2. С. 73–78.
- Ревков Н.К. Недавний вселенец и перспективный объект аквакультуры в Чёрном море двустворчатый моллюск *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906): особенности развития поселений у берегов Крыма // Материалы VIII Всес. конф. по пром. беспозвоночным (Калининград, 2–5 сент. 2015 г.). Калининград, 2015. С. 254–257.
- Ревков Н.К., Щербань С.А. Особенности биологии двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* в Чёрном море // Экосистемы. 2017. № 9. С. 47–56.
- Финогенова Н.Л., Данилова М.М. Пищевой спектр и масс-размерные соотношения двустворчатого моллюска *Anadara inaequalis* в Чёрном море // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2009. № 20. С. 279–284.
- Чикина М.В., Колочкина Г.А., Кучерук Н.В. Аспекты биологии размножения *Scapharca inaequalis* (Bruguière) (Bivalvia, Arcidae) в Чёрном море // Экология моря. 2003. № 64. С. 72–77.
- Чихачёв А.С., Фроленко Л.Н., Реков Ю.И. Новый вселенец в Азовское море // Рыбное хозяйство. 1994. Т. 3. С. 40–45.
- Шурова Н.М., Золотарёв В.Н. Структура популяций морских двустворчатых моллюсков в районе дельты Дуная // Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2007. № 15. С. 556–566.
- Acarli S., Lok A., Yigitkurt S. Growth and Survival of *Anadara inaequalis* (Bruguière, 1789) in Sufa Lagoon, Izmir (Turkey) // Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh. 2012. Vol. 64. P. 1–7. <https://doi.org/10.46989/001c.20623>.
- Flores L., Licandeo R. Size composition and sex ratio of *Anadara tuberculosa* and *Anadara similis* in a mangrove reserve from the northwest of Ecuador // Revista de Biología Marina y Oceanografía. 2010. Vol. 3. P. 541–546. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572010000300021>.
- Furuta H., Ohe M., Kajita A. Subunit Structure of Hemoglobins from Erythrocytes of the Blood Clam, *Anadara broughtonii* // J. Biochem. 1977. Vol. 82. No. 6. P. 1723–1730.
- Krapal A.-M., Popa O.P., Levarda A.F., Iorgu E.I., Costache M., Crocetta F., Popa L.O. Molecular confirmation on the presence of *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) (Mollusca: Bivalvia: Arcidae) in the Black Sea // Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle «Grigore Antipa». 2014. Vol. 57. No. 1. P. 9–12. <https://doi.org/10.2478/travmu-2014-0001>.
- Sahin C., Emiral H., Okumus I., Gozler A.M., Kalaycu F., Hacimurtezaoglu N. The benthic exotic species of the Black Sea: Blood Cockle (*Anadara inaequalis*, Bruguière, 1789: Bivalve) and Rapane Whelk (*Rapana thomasi*, Crosse, 1861: Mollusc) // Journal of Animal and Veterinary Advances. 2009. Vol. 8. No. 2. P. 240–245.
- Zenetos A., Gofas S., Verlaque M., Cinar M.E., Garcia Raso J.E., Bianchi C.N., Morri C., Azzurro E., Bilecenoglu M., Frogliani C., Siokou I., Violanti D., Sfriso A., San Martin G., Giangrande A., Katagan T., Ballesteros E., Ramos-espla A., Mastrototaro F., Ocana O., Zingone A., Gambi M.C., Streftaris N. Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution // Medit. Mar. Sci. 2010. Vol. 11. No. 2. P. 381–493. <https://doi.org/10.12681/mms.87>.

# SIZE AND WEIGHT CHARACTERISTICS OF THE BIVALVE MOLLUSC *ANADARA KAGOSHIMENSIS* (TOKUNAGA, 1906) – THE ALIEN SPECIES IN THE SEA OF AZOV

© 2023 Dikareva J.D.\*, Ryabushko V.I.

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of the RAS, Sevastopol, 299011, Russian Federation  
e-mail: \*dikareva.julija@rambler.ru

For the first time the research focuses on studying the size and weight characteristics of the alien species in the Sea of Azov – bivalve mollusc *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906). The relationship between allometric parameters of the mollusc (size and weight) were approximated by the power function. The maximal coefficient of determination is found for the power dependence of the total weight of the anadara on the width of the shell, with minimum coefficient of determination depending on the height of the shell. The maximum coefficient of determination is obtained for the power dependence of the raw weight of soft tissues of anadara on the length of its shell, with the minimum coefficient of determination depending on the width of the shell. The ratio of dry and raw weight of soft tissues is 0.16. Under comparison of the different environmental areas of anadara in the Black, Aenean seas and the Sea of Azov, the hatchery housing of mollusks in waters with moderate salinity is found to be the most favorable condition for their maximal growth.

**Key words:** invader species, bivalve mollusc *Anadara kagoshimensis*, size and weight characteristics, regression equations, Sea of Azov.