

УДК 594.1(265.2)

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОЛОГИИ РАКОВИН *ANADARA KAGOSHIMENSIS* (BIVALVIA, ARCIDAE) ЧЕРНОГО МОРЯ

Золотарев В. Н.

Многолетние изменения морфологии раковин *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) (Bivalvia, Arcidae) Черного моря. — В. Н. Золотарев. — В результате анализа количественных характеристик брюшного края раковин двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* из прибрежных вод района дельты Дуная выявлены возрастные и временные изменения морфологии его створок в течение 1988–2015 гг.

Ключевые слова: *Anadara kagoshimensis*, морфологическая изменчивость, Черное море, дельта Дуная.

Адрес: Институт морской биологии НАН Украины, 65125, Одесса, ул. Пушкинская 37; e-mail: V.Zolotarev@nas.gov.ua.

Багаторічні зміни морфології раковин *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) (Bivalvia, Arcidae) Чорного моря. — В. М. Золотарьов. — В результаті аналізу кількісних характеристик червеного краю мушель двостулкового моллюска *Anadara kagoshimensis* з прибережних вод району дельти Дунаю виявлено вікові та часові зміни морфології його стулків протягом 1988–2015 рр.

Ключові слова: *Anadara kagoshimensis*, морфологічна мінливість, Чорне море, дельта Дунаю.

Адреса: Інститут морської біології НАН України, 65125, Одеса, вул. Пушкінська 37; e-mail: V.Zolotarev@nas.gov.ua.

Long-term changes of the shell morphology in *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) (Bivalvia, Arcidae) from the Black Sea. — V. N. Zolotarev. — The analysis of quantitative characteristics of shell ventral edge in bivalve *Anadara kagoshimensis* from the coastal waters of the Danube Delta area identified age and temporal changes in the shell morphology of these molluscs during 1988–2015.

Keywords: *Anadara kagoshimensis*, morphological variability, the Black Sea, the Danube Delta.

Address: Institute of Marine Biology of NAS of Ukraine, 65125, Odessa, Pushkinskaja st. 37, e-mail: V.Zolotarev@nas.gov.ua.

Введение

Двустворчатый моллюск *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906), представитель фауны Индо-Пацифики, интродуцированный в Черное море в 70-х годах прошлого века, различными авторами указывался как *Cunearca cornea* (Reeve, 1844), *Scapharca inaequalis* (Bruguiere, 1789), *Anadara cornea* (Reeve, 1844), *Anadara inaequalis* (Bruguiere, 1789). Однако более детальные морфологические исследования показали, что *A. inaequalis* Черного и Адриатического морей значительно отличается от этого вида из его типового местонахождения в водах южной Индии [2], а наибольшее сходство *A. inaequalis* из Средиземного моря имеют с тихоокеанскими *A. kagoshimensis* [5]. Дальнейшие генетические исследования подтвердили, что черноморские моллюски рода *Anadara* относятся именно к *A. kagoshimensis* [6; 7].

Идентификация *A. kagoshimensis* осложнена его высокой конхологической изменчивостью. Наиболее детальными исследованиями морфологии моллюска из Азово-Черноморского бассейна по контурам комиссурального просвета раковин были выделены его 6 основных форм и предложена схема возможных направлений в изменениях внешне-

го очертания створок [4]. Такая качественная классификация форм раковины дает возможность количественных оценок морфологической структуры поселений моллюска, но более детальным описанием формы раковин отдельных особей способствуют количественные характеристики створок.

Традиционными измеряемыми показателями, которыми характеризуют морфологию *A. kagoshimensis* из разных биотопов или регионов, являются лишь длина, высота и толщина (выпуклость) раковины. В настоящей работе представлены результаты количественных оценок формы одного из элементов раковин этого моллюска – их брюшного края.

Материал и методы

Основным материалом морфологического анализа были раковины *A. kagoshimensis*, собранные 1988–2015 гг. в районе дельты Дуная. Для сравнения были использованы также раковины из прибрежных вод Кавказа (1991 г.) и Одесского региона (2013 г.), из береговых выбросов в районе Бургаса (1984 г.) и Варны (1986 г.). Всего – 205 экз.

По левой створке каждой раковины были замерены расстояния по перпендикуляру от переднего и заднего концов замочной площадки до брюшного края

(ПП и ПЗ) и определено отношение этих параметров (ПЗ / ПП) – индекс формы брюшного края (*IND*). Полученный таким образом показатель характеризует степень скошенности брюшного края створки по отношению к замочной площадке. В отдельных раковинах из сборов в придунайском районе в ноябре 2005 г., июне 2011 и октябре 2015 гг. по отчетливым кольцам задержек роста на их внешней поверхности были измерены ПП, ПЗ на разных стадиях онтогенеза моллюска и рассчитаны соответствующие возрастные индексы *IND*.

Результаты и их обсуждение

В районе дельты Дуная наиболее ранние находки *A. kagoshimensis* были в Жебриянской бухте [1]. В 1988 г.

здесь преобладали удлиненные моллюски с плавно изогнутым брюшным краем, по классификации комиссурального просвета раковины [4], относимые к формам 1 и 2. Значение *IND* их раковин длиной 28,8 – 37,3 мм было 1,05 – 1,14 при среднем 1,11 (табл. 1). По нашей классификации брюшного края эти раковины соответствует типу *A*. У некоторых моллюсков задняя часть брюшного края субпараллельна замочной площадке в задней части створки, плавно закругляясь в ее передней части – тип *B* (форма 4 [4]). Среднее значение *IND* таких особей 1,18. Только 3 раковины с плавным закруглением от высокого заднего края к менее высокому переднему, относились к типу *C* (форма 3 [5]), их среднее *IND* равно 1,24.

Таблица 1. Показатели скошенности брюшного края раковин по отношению к замочной площадке (*IND*) двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* из разных районов Черного моря

Table 1. Slope indicators of abdominal shell edge with respect to the hinge plate (*IND*) in bivalve *Anadara kagoshimensis* from different regions of the Black Sea

Год	Район	Глубина, м	Длина раковин, мм	Морфологический тип	<i>IND</i>			Количество особей
					диапазон	среднее значение	<i>SD</i>	
1984	Бургас, пляж	–	29,2 – 48,0	<i>A</i>	1,05 – 1,14	1,10	0,039	4
1986	Варна, пляж	–	15,5 – 31,0	<i>A</i>	1,05 – 1,15	1,11	0,031	14
1988	Жебриянская бухта	9,5	28,8 – 37,3	<i>A</i>	1,07 – 1,14	1,11	0,024	13
–“–	–“–	–“–	31,6 – 35,2	<i>B</i>	1,13 – 1,24	1,18	0,049	5
–“–	–“–	–“–	36,0 – 39,0	<i>C</i>	1,20 – 1,28	1,24	0,040	3
1991	Кавказ	13	37,8 – 52,0	<i>A</i>	1,11 – 1,14	1,13	0,015	4
–“–	–“–	–“–	30,0 – 46,3	<i>B</i>	1,17 – 1,33	1,23	0,041	18
2005	Дельта Дуная	12	18,5 – 30,5	<i>C</i>	1,24 – 1,42	1,32	0,055	8
–“–	–“–	21–24	9,7 – 24,3	<i>C</i>	1,24 – 1,49	1,35	0,060	29
–“–	–“–	–“–	22,0 – 30,5	<i>A</i>	1,15 – 1,20	1,18	0,025	3
2008	–“–	24	18,6 – 26,7	<i>B</i>	1,12 – 1,30	1,22	0,057	14
–“–	–“–	–“–	18,4 – 26,4	<i>C</i>	1,18 – 1,38	1,25	0,054	30
2010	–“–	22–23	18,2 – 30,8	<i>B</i>	1,15 – 1,28	1,21	0,035	15
–“–	–“–	–“–	9,0 – 27,7	<i>C</i>	1,21 – 1,50	1,32	0,068	16
2013	Одесский регион	21	12,6 – 30,8	<i>B</i>	1,22 – 1,35	1,29	0,056	4
–“–	–“–	–“–	9,9 – 25,0	<i>C</i>	1,22 – 1,45	1,34	0,076	18
2015	Дельта Дуная	19	6,8 – 10,0	<i>C</i>	1,40 – 1,53	1,47	0,079	5
–“–	–“–	–“–	28,8 – 37,0	<i>B</i>	1,18 – 1,23	1,21	0,035	2

Примечание: *SD* – стандартное отклонение

К югу от дельты Дуная в прибрежных водах Болгарии, в районе Бургаса и Варны, в 1984 и 1986 гг. также доминировали моллюски типа *A* с индексом *IND*, не превышающим 1,11. Однако на шельфе Кавказа в 1991 г. преобладали моллюски с раковинами типа *B*.

В 2005 г. около дельты Дуная стали массовыми особи со скошенным брюшным краем (тип *C*), с близкими индивидуальными *IND* как на глубине 12 м (от 1,24 до 1,42), так и на глубинах 21–24 м (от 1,24 до 1,49). В 2008 г. в поселениях *A. kagoshimensis* продолжали доминировать моллюски типа *C*, но появилось значительное количество особей типа *B*. В 2010 г. количество моллюсков обоих типов стало равным, тогда как в расположенном севернее Одесском регионе на такой же глубине в 2013 г. преобладали особи морфологического типа *C*. В 2015 г. *A. kagoshimensis* был встречен в районе дельты Дуная лишь на одной станции – 2 особи длиной 28,8 и 37,0 мм (тип *B*) и 5 более мелких моллюсков длиной от 6,8 до 10 мм (тип *C*). Показатели скошенности брюшного края у отдельных особей из сборов 2005 г. по кольцам задержек роста на внешней поверхности створок, проявляют уменьшение индексов *IND* при увеличении размеров моллюска (табл. 2). Зависимость таких онтогенетических значений *IND* от длины раковины (*L*) имеет линейный характер:

$$IND = 1,48 - 0,0089 L; (n = 17; r = -0,56; p < 0,019). \quad (1)$$

По конечным размерам моллюсков, собранных в 2005 г., соотношение показателя *IND* с длиной раковины *L* также определяется уравнением прямой:

$$IND = 1,56 - 0,0111 L; (n = 37; r = -0,631; p < 0,001). \quad (2)$$

Статистически значимых различий ни по угловому коэффициенту, ни по свободному члену уравнения (1) и (2) не имеют.

Моллюски, собранные в 2011 и 2015 гг., также проявляют более значительную скошенность брюшного края при меньших размерах раковины (см. табл. 2). Уравнение зависимости *IND* от *L* для различных этапов онтогенеза на основе замеров этих показателей по кольцам роста раковин также имеет линейный характер:

$$IND = 1,54 - 0,0114 L; (n = 17; r = -0,902; p < 0,001). \quad (3)$$

Аналогичное соотношение *IND* и *L* было рассчитано для конечных размеров моллюсков из тех же сборов:

$$IND = 1,54 - 0,0109 L; (n = 12; r = -0,964; p = 0,001). \quad (4)$$

Зависимости (3) и (4) не имеют статистически значимых различий углового коэффициента, поэтому было рассчитано уравнение, общее для обоих типов измерений:

$$IND = 1,54 - 0,011 L; (n = 29; r = -0,94; p = 0,001). \quad (5)$$

Таблица 2. Изменения показателя скошенности брюшного края раковины по отношению к замочной площадке (*IND*) в процессе роста двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* из прибрежных вод района дельты Дуная, Черное море

Table 2. Changes in the slope indicators of abdominal shell edge with respect to the hinge plate (*IND*) during growth of bivalve *Anadara kagoshimensis* from the coastal waters of the Danube Delta area, the Black Sea

Измерения	1		2		3		4		5		6	
	<i>L</i>	<i>IND</i>										
Ноябрь 2005 г., глубина 16–22 м												
К	30,5	1,14	30,8	1,28	28,8	1,24	23,7	1,24	21,5	1,32	22,0	1,15
ЛР	25,5	1,20	26,0	1,36	23,6	1,31	17,2	1,25	15,5	1,31	15,8	1,30
“-“	20,0	1,21	19,0	1,40	17,3	1,35	13,5	1,29	11,0	1,37	11,0	1,38
“-“	14,2	1,38	10,2	1,58	13,4	1,39	10,5	1,33	8,7	1,44		
Июнь 2011, гл. 22–24 м; октябрь 2015 г., глубина 19 м												
К	37,0	1,18	30,0	1,23	32,4	1,19	29,6	1,20	28,8	1,23	28,0	1,21
ЛР	28,3	1,20	25,0	1,27	27,8	1,21	22,7	1,41	15,8	1,32	19,5	1,32
“-“	23,0	1,29	20,3	1,32	23,0	1,29	15,7	1,41	8,0	1,40	9,6	1,43
“-“	17,0	1,31	15,3	1,37	13,8	1,41	9,8	1,48				
“-“	10,5	1,32	7,3	1,43								

Примечания: 1–6 – экземпляры моллюска; *L* – длина раковины, *IND* – показатель скошенности брюшного края раковины; измерения: К – по контуру левой створки, ЛН – по линиям роста на ее внешней поверхности.

Сходство коэффициентов уравнений (2) и (5) означает, что в 2005–2015 гг. в районе устья Дуная сохранялась постоянная зависимость характера скошенности брюшного края *A. kagoshimensis* от длины их раковин. У молоди моллюска задний край створок значительно выше переднего (тип *C*), но в процессе роста эти различия в пропорциях заднего и переднего краев уменьшаются, у более крупных моллюсков может появиться форма брюшного края, соответствующая типу *B*.

На соотношения моллюсков разных типов значительное влияние оказывает периодический характер пополнения поселений молодью. В районе дельты Дуная массовое появление сеголеток было отмечено в 2005 г. [7], в результате в 2008 г. в поселениях стали преобладать молодые моллюски типа *C* (см. табл. 1). Значительное количество молоди появилось также в 2010 г. Однако в 2015 г. при общем сокращении численности моллюсков в регионе *A. kagoshimensis* была встречена лишь на одной станции, но с сохранением общей закономер-

ности – 5 особей длиной до 10 мм имели раковины типа *C*, а 2 крупных моллюска длиной 28,8 и 37 мм относились к типу *B*.

Выводы

В районе дельты Дуная при первоначальном заселении *A. kagoshimensis* большинство раковин моллюска имело удлиненную форму с плавным равномерным изгибом брюшного края (тип *A*). К 2005 году эти моллюски были замещены другим морфологическим комплексом с брюшным краем раковин, в различной степени скошенных к передней части створок (типы *B* и *C*). Соотношения моллюсков этих двух типов в поселениях определяются сочетанием двух факторов – (1) онтогенетическими изменениями очертаний раковины с переходом от типа *C* у молодых особей к типу *B* у более крупных, взрослых, моллюсков; (2) межгодовыми изменениями размерной структуры поселений *A. kagoshimensis* в результате массового появления молоди моллюска лишь в отдельные годы.

1. Золотарев В. Н. Двустворчатый моллюск *Cunearca cornea* – новый элемент фауны Черного моря / В. Н. Золотарев, П. Н. Золотарев // Докл. Академии наук СССР. – 1987. – Т. 297. – № 2. – С. 501–503.
2. Лутаенко К. А. К фауне двустворчатых моллюсков подсемейства Anadarinae (Arcidae) южной Индии / К. А. Лутаенко // Бюлл. Дальневосточного малакологического общества. – 2006. – Вып. 10. – С. 102–121.
3. Шурова Н. М. Структура популяций морских двустворчатых моллюсков в районе дельты Дуная / Н. М. Шурова, В. Н. Золотарев // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2007. – Вып. 15. – С. 556–566.
4. Anistratenko V. V. Conchological variability of *Anadara inaequivalvis* (Bivalvia, Arcidae) in the Black-Azov Sea basin / V. V. Anistratenko,

- O. Yu. Anistratenko, I. A. Khaliman // Vestnik Zoologii. – 2014. – Vol. 48. – № 5. – P. 457–466.
5. Huber M. Compendium of bivalves: a full-collar guide to 3,300 of the world's marine bivalves: a status on Bivalvia after 250 years of research / M. Huber – Hackenheim. – Germany, 2010. – 901 p.
6. Krapal A.-M. Molecular confirmation on the presence of *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) (Mollusca: Bivalvia: Arcidae) in the Black Sea / A.-M. Krapal, O. P. Popa, A. F. Levarda [et al.] // Travaux Museum National d'Histoire Naturelle «Grigore Antipa». – 2014. – Vol. 57. – N 1. – P. 9–12.
7. Simakova U. V. The alien bivalve *Anadara kagoshimensis* in the Black Sea region: genetic analysis / U. V. Simakova, K. A. Lutaenko, T. A. Neretina, G. A. Kolyuchkina // The 4th Bi-annual Black Sea Scientific Conference, 28–31 October 2013, Constanta, Romania: – Abstracts Book. – 2013. – P. 104–105.

Отримано: 26 травня 2016 р.

Прийнято до друку: 16.06.2016