

УДК 594.117:591.134.4:577.1

Размерно-весовые и биохимические характеристики соматического роста молодежи черноморских видов двустворчатых моллюсков *Anadara kagoshimensis* и *Flexopecten glaber ponticus*

Щербань С. А., Мельник А. В.

Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН
Севастополь, Россия
Shcherbansa@yandex.ru

Представлены результаты исследований морфо-физиологических и биохимических показателей соматического роста молодежи черноморских видов двустворчатых моллюсков: анадары *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) и гребешка *Flexopecten glaber ponticus* (Bucguoy, Dautzenberg et Dollfus 1889), обитающих в прибрежных биоценозах Севастополя. На примере молодежи с линейными размерами 25–32 мм дана сравнительная оценка особенности биосинтеза белка (мгновенной скорости роста) мягких тканей. По значениям содержания суммарных РНК и величинам ростового индекса РНК/ДНК в тканевых гомогенатах показано, что уровень синтеза белковых структур тканей у анадары в 2,2 раза выше, чем у гребешка. Сравнительная оценка морфо-физиологических параметров (относительные величины массы раковины (МР), мягких тканей (МТ) и межстворочной жидкости (МЖ) от общей массы моллюска) у молодежи обоих видов показала, что они практически не имеют различий и их значения находятся в пределах статистической ошибки. Рассчитаны корреляционные зависимости весовых и линейных параметров. Для обоих видов моллюсков получены прямые корреляции с высокими коэффициентами ($r=0,74$ и $r=0,85$), что свидетельствует о положительной изометрии роста.

Ключевые слова: анадара, черноморский гребешок, общая сырая масса, мягкие ткани, биосинтез белка, скорости роста, суммарные рибонуклеиновые кислоты (сум.РНК), расчетный индекс РНК/ДНК, двустворчатые моллюски, Черное море.

ВВЕДЕНИЕ

Anadara kagoshimensis (Tokunaga, 1906) и *Flexopecten glaber ponticus* – два значимых представителя двустворчатых моллюсков в экосистеме бентоса Черного моря. Анадара – относительно недавний вселенец Азово-Черноморский бассейн (Gomoiu, 1984; Золотарев, 1987; Стадниченко, Золотарев, 2009 и др.). Однако довольно быстро из малозаметного вселенца уже к 2013 году на ряде участков Крымского шельфа этот вид превратился в одну из руководящих форм бентоса (Ревков и др., 2002, 2004; Ревков, 2016). К настоящему времени накопилось достаточно много информации по распространению, особенностям развития и адаптации *A. kagoshimensis* в новых условиях. В вопросах роста известны данные по морфометрическим показателям, линейным и весовым приростам, скоростям линейного роста и особенностям аллометрии створок (Чихачев и др., 1994; Пиркова, 2012; Финогенова и др., 2012; Жаворонкова, Золотарев, 2014). Так, в частности, в работе А. В. Пирковой (2012) представлены модели весовых и линейных приростов на разных стадиях роста анадары в условиях аквакультуры Черного моря. Однако работ по росту отдельных популяционных групп в естественной среде крайне мало, а данные по морфометрии, аллометрии роста и годовым приростам *Flexopecten glaber ponticus* за последние десятилетия отсутствуют.

Известно, что анадара и в особенно черноморский гребешок растут значительно медленнее других массовых видов двустворчатых моллюсков Черного моря, таких как мидии, митиллястры и устрицы (Ревков и др., 2002, 2004; Стадниченко, Золотарев, 2009; Вялова, 2011; Пиркова, 2012; Shcherban, 2012). Линейный прирост анадары за один год в среднем составляет лишь 10 мм (Чихачев и др., 1994). Для молодежи гребешка подобные данные отсутствуют.

Продолжительность жизни обоих видов приблизительно одинакова и составляет 6–7 лет. Длина раковины анадары не превышает 60 мм (Золотарев, Терентьев, 2012), в Керченском проливе – 65 мм, в прибрежных зонах моря и в Севастопольских бухтах, в частности, его максимальные размеры также могут достигать 50–55 мм (Ревков, 2016). Средний размер раковины *A. kagoshimensis* в Черном море – 11–30 мм (Стадниченко, Золотарев, 2009).

Оба вида размножаются в теплое время года, присутствие половозрелых особей отмечается с мая по август. Половозрелость у гребешка наступает при длине раковины около 40 мм (возраст 2,5 года и старше) (Скарлато, Старобогатов, 1972; Пиркова, Ладыгина, 2017), у анадары при длине раковины 15–20 мм (Чикина и др., 2003; Sahin et al., 2009), по другим источникам гораздо позже, при длине около 35 мм. Известные на сегодня данные позволяют рассматривать оба вида как уже состоявшиеся элементы черноморской экосистемы, однако, отсутствие личинок гребешка в планктоне Севастопольской бухты и прилегающей к ней акватории в последние годы, в частности с 2013 по 2017, свидетельствует о факте сокращения его численности (Лисицкая, 2017).

На настоящий момент остаются малоизученными вопросы роста в природной среде на различных субстратах, а также физиолого-биохимические особенности биосинтеза тканей у обоих видов.

Цель данной работы – сравнительная оценка некоторых морфометрических и биохимических показателей соматического роста молоди анадары (*A. kagoshimensis*) и черноморского гребешка (*F. glaber ponticus*) в условиях их естественного обитания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объекты исследования отображены на рисунках 1 и 2.

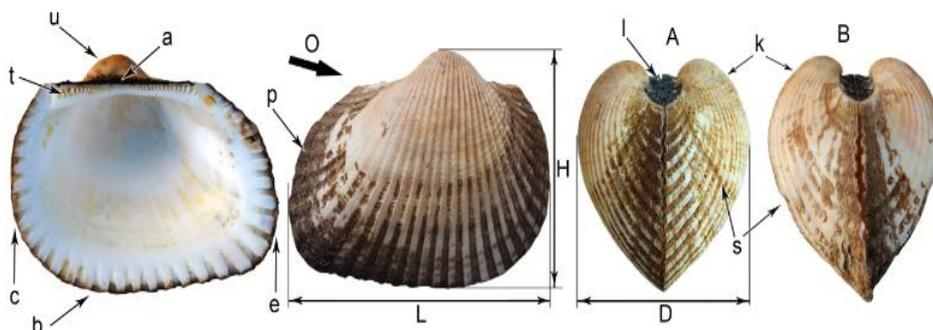


Рис. 1. Раковины *Anadara kagoshimensis* из района юго-восточного Крыма (б. Двужкорная) длиной 34 мм (Ревков, Щербань, 2017)
L – длина; H – высота; D – ширина раковины; A – вид раковины спереди; B – вид раковины сзади.

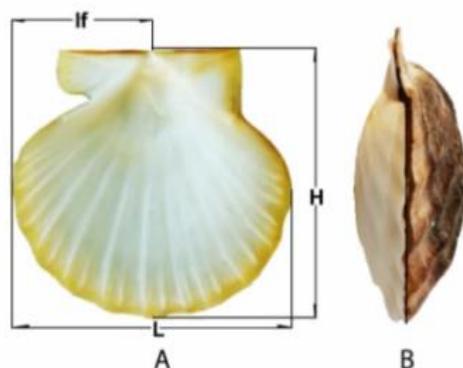


Рис. 2. Раковина *Flexopecten glaber ponticus*
A – правая створка, вид изнутри; B – вид раковины сбоку. Фото И. П. Бондарева, 2018 г.

Раковина черноморской анадары массивная, тяжёлая, вздутая и неравностворчатая. Выпуклость левой створки достоверно выше правой (Жаворонкова, Золотницкий, 2014; Ревков, 2017). По данным ряда авторов (Финогенова и др., 2012; Ревков, 2016 и др.), доля асимметричных особей колеблется от 67 до 86 % и с ростом увеличивается. Раковина гребешка хрупкая, легкая и также неравностворчатая. Правая створка выпуклая, левая плоская.

Моллюсков обоих видов отбирали из акватории мидийно-устричной фермы ООО НИО «Марикультура», расположенной в бухте Карантинная (район Севастополя) в ноябре 2018 года.

Карта-схема представлена на рисунке 3.

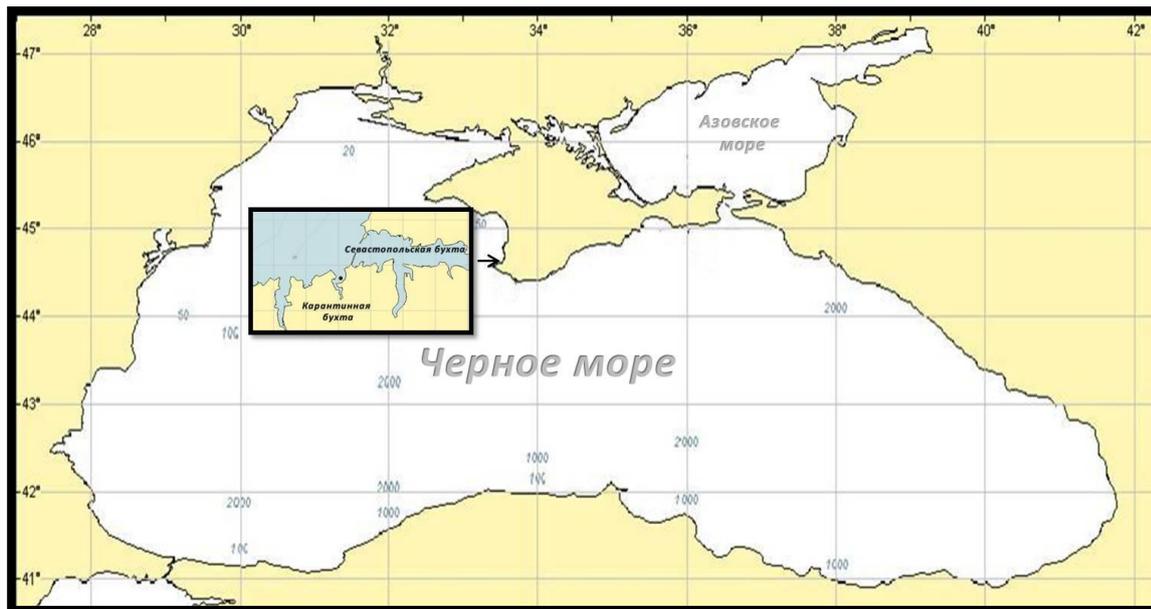


Рис. 3. Карта-схема отбора проб

Особь обоих видов взяты из садков с гигантскими устрицами, установленных на глубине 4–5 м. После отбора их содержали в аквариуме с проточной системой в течение одних-двух суток – период краткой адаптации. Из общей выборки отбиралась молодежь с одинаковыми линейными размерами 25–32 мм. Для анадары это возраст от 2-х до 3-х лет, для гребешка – от 1,5 до 2,5 лет.

Длину каждого моллюска измеряли штангенциркулем с точностью до 0,1 см. Далее, индивидуально, осуществляли измерения общей сырой массы, сырой массы выделенных мягких тканей, предварительно подсушенных на фильтровальной бумаге до исчезновения мокрого следа. Межстворочную жидкость предварительно сливали и взвешивали. Сырые ткани гомогенизировали. Навески гомогенатов, массой от 50 до 80–90 мг, промывали трижды 4 мл смеси Фолча (хлороформ (2) – метанол (1)) для устранения пигментных и липидных компонентов. Далее, в обезжиренных пробах тканей определяли содержание суммарных РНК (сум. РНК) и ДНК видоизмененным методом А. С. Спирина (Дивавин, 1984). Исследуемые показатели измеряли спектрофотометрически на приборе (СФ-26) методом разностей экстинкций, при длинах волн 270 и 290 нм (Дивавин, 1984). Результаты измерений выражали в мкг/мг сырой ткани. На основе полученных значений суммарных РНК и ДНК рассчитывали ростовой индекс РНК/ДНК. Статистическая обработка и графическое оформление данных выполнены с применением стандартного пакета Excel 97. На графиках представлены величины стандартных отклонений.

Линейный коэффициент корреляции рассчитывался по формуле:

$$r = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{S(x) \cdot S(y)}, \text{ где}$$

$\overline{xy}, \bar{x}, \bar{y}$ – выборочные средние, $S(x)$ и $S(y)$ среднее квадратическое отклонение.

Связи между признаками оценивались по шкале Чеддока (Сысоев, 2003) по критериям: $0,1 < r < 0,3$: слабая; $0,3 < r < 0,5$: умеренная; $0,5 < r < 0,7$: заметная; $0,7 < r < 0,9$: высокая; $0,9 < r < 1$: весьма высокая.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Представленные данные характеризуют состояние весовых параметров и уровень мгновенных скоростей роста мягких тканей моллюсков в данный период исследований их жизненного цикла (середина осени, период относительно стабильного роста).

Морфо-физиологические показатели моллюсков. Некоторые морфометрические показатели исследуемых моллюсков представлены в таблице 1. Так, для моллюсков с

Таблица 1

Линейные размеры, общий вес и относительное содержание тканей у молоди двух видов черноморских моллюсков

L раковины, мм		W общий, г		Доля мягких тканей, %	
Анадара	Гребешок	Анадара	Гребешок	Анадара	Гребешок
25	25	6,9	3,0	17,5	16,7
27	25	10,8	2,8	18,2	19,4
27	26	11,1	3,3	18,7	17,5
28	26	14,5	3,3	17,9	17,7
28,5	27	12,9	3,7	17,6	23,0
29,4	27	12,9	3,0	18,7	16,7
30	27	12,3	3,45	19,5	17,6
31	28	18,4	4,3	20,2	17,6
31	28	13,6	4,1	20,4	19,6
31	29	13,9	4,2	20,8	18,9
32	30	16,2	4,6	20,5	18,5
32	30	18,1	4,15	19,8	17,7

одинаковой длиной раковины общая масса находилась в диапазоне от 2,8 до 4,6 г (гребешок) и от 6,9 до 18,4 г (анадара). Процентное содержание мягких тканей близки у молоди обоих видов: для гребешка – это величина от 16,7 до 23,0 % (в среднем 18,5 %), для анадары – от 17,5 до 20,8 % (в среднем 19,0 %). Такие значения сравнимы с показателями по черноморскому гребешку более крупного размера – 25–40 мм (18–21 %) и близки к показателю приморского гребешка промысловых размеров (20–21 %) (Кракатица, 1972).

Данные по относительным величинам масс раковины, мягких тканей и межстворочной жидкости представлены на круговых диаграммах (рис. 4).

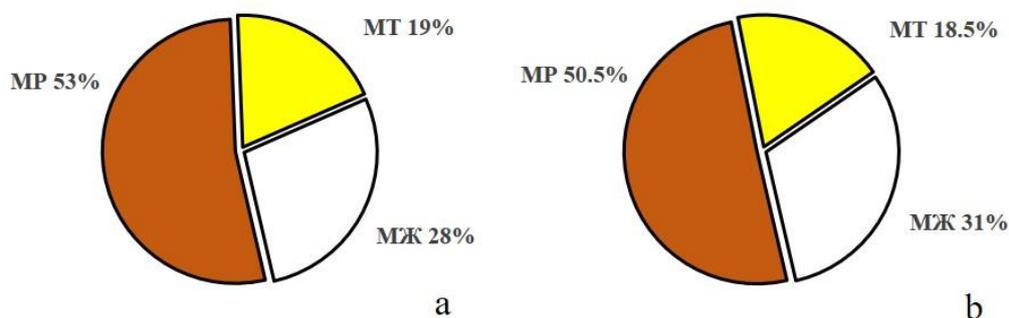


Рис. 4. Относительные величины массы раковины (MP), мягких тканей (MT) и межстворочной жидкости (МЖ) от общей массы моллюска
a – молодь анадары; b – молодь гребешка.

Отметим, что в период отбора моллюски находились в покое (как теплолюбивые виды нерест у них происходит в летние месяцы и заканчивается в сентябре – октябре). Вследствие этого можно полагать, что величины относительного содержания мягких тканей у анадары могут быть выше в другие периоды годового цикла за счет массы половых продуктов на разной стадии их созревания. За нерестовый период общий вес моллюсков может снижаться у этого вида на 27 % (Пиркова, 2012). Особи популяции гребешка неполовозрелы.

Относительная величина веса раковины у анадары несколько выше (53 %), чем у гребешка за счет более массивных и тяжелых створок.

При изучении закономерностей роста обычно исследуют особенности аллометрии этого процесса. Ранее, на черноморской анадаре проводились подобные исследования в морских акваториях вблизи Керчи, Кавказского побережья, Адлера и Севастополя. По результатам исследований давалась количественная характеристика связи длины с высотой и выпуклостью раковины, а также взаимосвязь длины с массой раковины и массой мягких тканей (Пиркова, 2012; Жаворонкова, 2014). Авторами установлена положительная аллометрия роста высоты и выпуклости раковины относительно ее длины. В частности, для подрачиваемых в садках неполовозрелых групп анадары (возрастного диапазона 0,5–3 года) описана связь длины раковины с высотой и шириной. Показано также, что общий максимальный прирост моллюсков отмечен в первый год жизни (1,33 мм/мес.); к трехлетнему возрасту он снижается, в среднем, два раза (до 0,67 мм/мес.). Подобных данных по черноморскому гребешку нет.

Нами рассчитана корреляционная зависимость длин от общей массы для обоих видов (рис. 5). Связь между исследуемыми признаками оценивалась по шкале Чеддока как весьма высокая, что свидетельствует о положительной изометрии роста.

Особенности соматического роста тканей моллюсков. Для гомогенатов мягких тканей рассчитывали значения двух показателей синтеза белковой массы – содержание суммарных РНК и индекса роста РНК/ДНК, характеризующих уровень данного процесса (рис. 6). У особей анадары показатель содержания суммарных РНК составлял $1,65 \pm 0,42$ мкг/мг ткани, что в 2,2 раза выше, чем у одноразмерных особей гребешка ($0,78 \pm 0,06$ мкг/мг). Величины индекса РНК/ДНК также различались в 2,1 раза: соответственно $13,69 \pm 2,98$ у.е. (анадара) и $6,4 \pm 0,66$ у.е. (гребешок).

Диапазон варьирования ростового индекса у двустворчатых моллюсков, в частности черноморских, достаточно широк и его значения находятся в пределах от 3 до 16 у.е. (Щербань, 2018). Ранее, исследования на молодежи черноморского вида устриц *Crassostrea gigas* и анадары *A. kagoshimensis* из их естественных поселений свидетельствовали о более

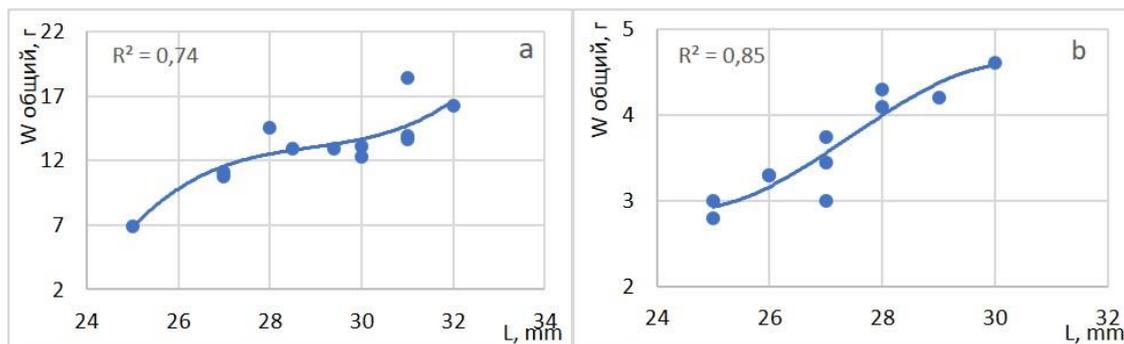


Рис. 5. Корреляционная зависимость между длиной и общей массой моллюска у молодежи анадары и черноморского гребешка (линейный диапазон 25–32 мм)
а – анадара; б – гребешок.

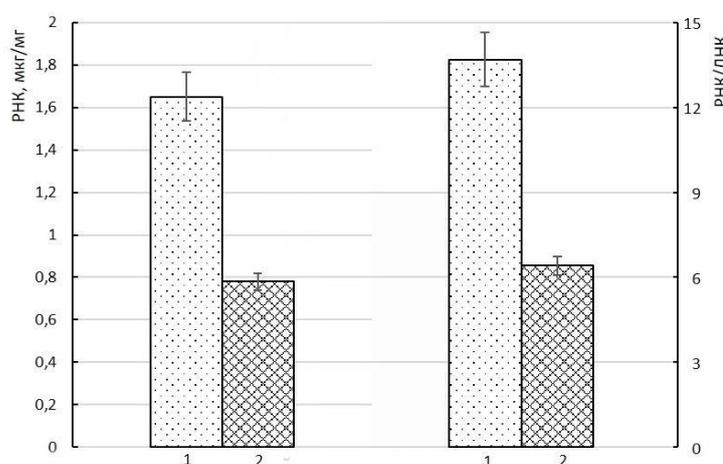


Рис. 6. Содержание сум.РНК и значения индекса РНК/ДНК в тканевых гомогенатах молодежи анадары и гребешка (диапазон длин 25–32 мм)
1 – анадара; 2 – гребешок.

высоком уровне «мгновенных скоростей» соматического роста у этих видов (в особенности анадары (длина раковины от 14 до 18 мм) показали, что значения ростового индекса РНК/ДНК имели величину с максимальным значением 9,6 у.е. (Щербань, 2010; Щербань, 2018; Shcherban, 2012). По результатам данного исследования уровень тканевого соматического роста у молодежи анадары можно оценить как высокий, у молодежи гребешка как средний.

Получение новых данных на более значительных объемах популяционных выборок разного размерно-возрастного диапазона моллюсков будет являться целью проведения дальнейших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для молодежи анадары и черноморского гребешка одного размерного диапазона (25–32 мм) получены прямые корреляционные зависимости между длиной и общей массой с высокими коэффициентами ($r=0,74$ и $r=0,85$) соответственно, что свидетельствует о положительной изометрии роста.

По показателям содержания суммарных РНК и индекса РНК/ДНК в тканях было установлено, что уровень синтеза белковых структур у анадары оценивается как высокий и в среднем в 2,2 раза выше, чем у гребешка.

Сравнительная оценка морфо-физиологических параметров (относительные величины массы раковины (МР), мягких тканей (МТ) и межстворочной жидкости (МЖ) от общей массы моллюска) у молодежи обоих видов показала, что они практически не имеют различий и их значения находятся в пределах статистической ошибки.

Работа подготовлена по темам государственных заданий ФГБУН ИнБЮМ «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом». Регистрационный № НИОКТР: АААА-А18-118021490093-4 и «Структурно-функциональная организация, продуктивность и устойчивость морских пелагических экосистем». Регистрационный № НИОКТР: АААА-А18-118020790229-7.

Список литературы

- Вялова О. Ю. Ростовые, морфометрические и биохимические характеристики анадары *Anadara inaequivalvis* в Чёрном море (акватория Голубого Залива, ЮБК) // Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – С. 189–192.
- Дивавин И. А. Нуклеиновый обмен черноморских гидробионтов в различных бухтах юго-западного побережья Крыма // Экология моря. – 1984. – Вып. 2. – С. 48–51.
- Жаворонкова А. М., Золотницкий А. П. Характеристика аллометрического роста двустворчатого моллюска анадары (*Anadara inaequivalvis*) Керченского пролива // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2014. – Вып. 10. – С. 128–133.
- Золотарев В. Н. Двустворчатый моллюск *Cunearca cornea* – новый элемент фауны Черного моря // Доклады Академии наук СССР. – 1987. – Т. 297. – С. 501–503.
- Золотарёв П. Н., Терентьев А.С. Изменения в сообществах макробентоса Гудаутской устричной банки // Океанология. – 2012. – Т. 52, № 2. – С. 251–257
- Крактица Т. Ф. Распределение и запасы гребешка *Pecten ponticus* B.D. et D (Mollusca, Bivalvia) в Черном море Зоологический журнал. – 1972. – Т. 51, Вып. 1. – С. 136–138.
- Лисицкая Е. В. Таксономический состав и сезонная динамика меропланктона в районе мидийно-устричной фермы (Севастополь, Черное море) // Морской биологический журнал. – 2017. – Т. 2, № 4. – С. 38–49.
- Пиркова А. В. Рост двустворчатого моллюска *Anadara inaequivalvis* (Bivalvia) в Черном море при садковом выращивании // Материалы VII Междуна. конф. «Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона». Керчь: ЮГНИРО, 20–23 июня 2012 г. – 2012. – Т. 2. – С. 73–78.
- Пиркова А. В., Ладыгина Л. В., Мейоз, эмбриональное и личиночное развитие черноморского гребешка *Flexopecten glaber ponticus* (Vucquoq, Dautzenberg & Dollfus, 1889) (Bivalvia, Pectinidae) // Морской биологический журнал. – 2017. – Т. 2, № 4. – С. 50–57.
- Ревков Н. К. Особенности колонизации Черного моря недавним вселенцем – двустворчатым моллюском *Anadara kagoshimensis* (Bivalvia: Arcidae) // Морской биологический журнал. – 2016. – Т. 1, № 2. – С. 3–17.
- Ревков Н. К., Болтачева Н. А., Николаенко Т. В., Колесникова Е. А. Биоразнообразие зообентоса рыхлых грунтов Крымского побережья Черного моря // Океанология. – 2002. – Т. 42, № 4. – С. 561–571.
- Ревков Н. К., Костенко Н. С., Киселева Г. А., Анистратенко В. В. Тип Моллюски Mollusca Cuvier, 1797 // Карадаг. Гидробиологические исследования. Сб. науч. тр., посвящ. 90-летию Карад. науч. станции и 25-летию Карадагского природного заповедника НАН Украины. Кн. 2. – Симферополь: СОНАТ, 2004. – С. 399–435.
- Ревков Н. К., Щербань С. А. Особенности биологии двустворчатого моллюска *Anadara kagoshimensis* в Черном море // Экосистемы. – 2017. – Вып. 9 (39). – С. 47–57.
- Стадниченко С. В., Золотарев В. Н. Популяционная структура морских двустворчатых моллюсков в районе дельты Дуная в 2007-2008 гг. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – Вып. 20. – С. 268–261.
- Сысов В. В. Парная линейная регрессия. – Из-во Воронежская государственная технологическая академия, 2003. – 324 с.
- Финогенова Н. Л., Куракин А. П., Ковтун О. А. Морфологическая дифференциация *Anadara inaequivalvis* (Bivalvia, Arcidae) в Черном море // Гидробиологический журнал. – 2012. – Т. 48, № 5. – С. 3–10.
- Чихачев А. С., Фроленко Л. Н., Реков Ю. И. Новый вселенец в Азовское море // Рыбное хозяйство. – 1994. – Т. 3. – С. 40–45.
- Щербань С. А. Тканевые особенности белкового синтеза у двустворчатого моллюска *Anadara inaequivalvis* (Bruguiere) в условиях нормы и при дефиците пищи // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Серія біол. Спец. вып. «Гідроекологія». – 2010. – № 3 (44). – С. 323–327.
- Щербань С. А. Биохимические индикаторы пластического роста у представителей морских Bivalvia (Черное море) // Экосистемы. – 2018. – Вып. 14 (44). – С. 110–119.
- Gomoiu M. T. *Scapharca inaequivalvis* (Bruguiere) a new species in the Black Sea // Cercetări marine – Recherches marines. – 1984. – Vol. 17. – P. 131–141.

Shcherban S. A. Tissue peculiarities of the protein anabolism in bivalve mollusk *Anadara inaequalis* in norm, under foot deficit and anoxia // Hydrobiology Journal. – 2012. – Vol. 48, N 2. – P. 21–29.

Sahin C., Emiral H., Okumus I., Mutlu Gozler A. The Benthic Exotic Species of the Black Sea: Blood Cockle (*Anadara inaequalis*, Bruguiere, 1789: Bivalve) and Rapa Whelk (*Rapana thomasiana*, Crosse, 1861: Mollusc) // Journal of Animal and Veterinary Advances. – 2009. – Vol. 8, N. 2. – P. 240–245.

Shcherban S. A., Melnic A. V. Size-weight and biochemical characteristics of somatic growth of young Black Sea bivalvia mollusks *Anadara kagoshimensis* and *Flexopecten glaber ponticus* // Ekosistemy. 2020. Iss. 22. P. 97–104.

The results of studies of morpho-physiological and biochemical parameters of somatic growth of the Black Sea species of bivalve mollusks – scallops *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) and *Flexopecten glaber ponticus* (Bucguoy, Dautzenberg et Dollfus, 1889), living in coastal biocenoses of Sevastopol are presented. Comparative assessment of the features of protein biosynthesis (instantaneous growth rate) of soft tissues is given on the example of juvenile population groups with linear dimensions of 25–32 mm. The values of total RNA content and RNA/DNA index prove that *Anadara kagoshimensis* has 2,2 times higher level of synthesis of protein structures of tissues than *F. glaber ponticus*. Comparative analysis of morpho-physiological parameters (relative indexes of shell mass (SM), soft tissue (ST) and interstitial fluid (IF) of the total mass of the mollusk) of juveniles of both species shows that they have practically no differences and their indexes are within the statistical error range. The correlation dependences of the weight and linear parameters are calculated. Direct correlations between parameters with high coefficients ($r=0,74$ and $r=0,85$) are obtained for both mollusk species, which might indicate a positive allometry growth.

Key words: *Flexopecten glaber ponticus*, *Anadara kagoshimensis*, total wet mass, soft tissues, protein synthesis, growth rates, total RNA, RNA/DNA index, bivalvia mussels, Black Sea.

Поступила в редакцию 15.01.20