

УДК 591.524.11.574.47(262.5)

Золотницкий А.П., Михайлов В.В., Сытник Н.А.

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЛОМЕТРИЧЕСКОГО РОСТА ТРИПЛОИДОВ ТИХООКЕАНСКОЙ УСТРИЦЫ (*CRASSOSTREA GIGAS*, THUNBERG) В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Аннотация. Представлены результаты исследования морфологических особенностей аллометрического роста у триплоидных особей (3n) тихоокеанской устрицы (*Crassostrea gigas* Thunberg) в северо-восточной части Черного моря (у побережья Кавказа). Обнаружено, что в популяции триплоидов, с возрастанием высоты (H) происходит снижение длины раковины (L), по сравнению с диплоидными устрицами, и моллюски характеризуются более вытянутой в высоту формой. Анализ индекса вытянутости (H/L) у разных размерных групп показал, что в процессе выращивания у особей у триплоидов, начиная с размерной группы 60 мм и выше, происходит достоверное снижение длины ($P > 0,95$), по сравнению с диплоидными особями. Вместе с тем, толщина триплоидов (выпуклость, D), по сравнению с диплоидными особями, индекс сагиттальной кривизны (D/H) триплоидов возрастала, что обусловлено увеличением внутреннего объема раковины, связанного с ростом массы мягкой ткани (соматической и частично генеративной) моллюсков. Анализ связи высоты (H) с общей массой тела (W) триплоидных устриц показал, что удельная скорость роста (аллометрический коэффициент b) составлял 2,80, что достоверно выше ($P > 0,95$), чем у диплоидных моллюсков (2,47). Представлены материалы по росту массы раковины (W_r), мягкой ткани (W_m) и мантийной жидкости (W_{mj}) относительно общей массы моллюска (W). Показано, что в пределах 12-90 мм средняя масса раковины выше у триплоидов устриц, тогда как масса мягких тканей у триплоидных моллюсков.

Ключевые слова: тихоокеанская устрица, триплоиды, диплоиды, раковина, высота, длина, выпуклость, общая масса, раковина, мягкая ткань, мантийная жидкость.

Zolotnitsky A.P., Mikhailov V.V., Sytnik N.A.

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ALLOMETRIC GROWTH OF TRIPLOID PACIFIC OYSTER (*CRASSOSTREA GIGAS*, THUNBERG) IN THE NORTHEASTERN BLACK SEA

Abstract. The results of the study of morphological features of allometric growth in triploid individuals (3n) of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) in the northeastern part of the Black Sea (near the Caucasus coast) are presented. It was found that in the triploid population, with increasing height (H) there is a decrease in shell length (L) compared to diploid oysters, and the clams are characterized by a more elongated form in height. Analysis of the elongation index (H/L) in different size groups showed that during rearing in individuals with triploids starting from the size group of 60 mm and higher, there is a significant decrease in length ($P > 0.95$), compared with diploid individuals. At the same time, the thickness of triploids (convexity, D), compared with diploid individuals, the index of sagittal curvature (D/H) of triploids increased, which is due to an increase in the internal volume of the shell, associated with the growth of soft tissue (somatic and partially generative) mollusks. Analysis of the relationship between height (H) and total body weight (W) of triploid oysters showed that the specific growth rate (allometric coefficient - b) was 2.80, which was significantly higher ($P > 0.95$) than that of diploid clams (2.47). Materials on the growth of shell (W_r), soft tissue (W_m), and mantle fluid (W_{mj}) weight relative to the total mollusk weight (W) are presented. It is shown that between 12 and 90 mm the average shell mass is higher in triploid oysters, whereas the soft tissue mass is higher in triploid clams.

Keywords: pacific oyster, triploids, diploid, shell, height, length, bulge, total mass, shell, soft tissue, mantle fluid.

Введение. В настоящее время одним из важнейших направлений рыбного хозяйства Азово-Черноморского бассейна является марикультура моллюсков. До недавнего одним из объектов культивирования являлась плоская (черноморская) устрица (*Ostrea edulis*) [1], однако во второй половине XX века было отмечено резкое снижение (в 9-15) раз численности и ареала этого вида [2, 3]. В связи с этим, черноморская устрица перешла в разряд редкого, исчезающего вида и была занесена в Красную книгу РФ.

В значительной степени это и обусловило поиск другого вида моллюсков, среди которых одним из наиболее перспективных являлась тихоокеанская (гигантская или японская) устрица – *Crassostrea gigas* [4]. На основе биологического обоснования, разработанного в ТИНРО с 1980 г. были начаты работы по интродукции тихоокеанской устрицы в Чёрное море [5, 6]. Введение этого вида в Чёрное море и последующие исследования позволили разработать биологические основы получения спата и товарного выращивания этого вида в Чёрном море [7-11].

В это же время, благодаря работам Стэнли и др. [12] на *Crassostrea virginica* и Алленом и Даунингом [13] на *Crassostrea gigas*, проведенных в 80-х гг. XX-го века, были получены триплоидные особи и началась практическая реализация их выращивания в ряде высокоразвитых стран мира (США, Франция, Япония, Австралия и др.). Триплоидные устрицы, в отличие от диплоидных, обладали более высоким темпом роста, большим выходом мягкой ткани и результате их частичной стерильности и позволяет энергию потреблённой пищи большей части трансформировать на соматический рост [14-17].

Исследования по выращиванию триплоидных моллюсков в Чёрном море довольно ограничены, и первые результаты были получены в 2007-2008 гг. В результате проведенных работ были получены данные по некоторым аспектам линейного и весового роста триплоидов в акватории лимана Донузлав и Голубой бухте южного побережья Крыма [18-21].

Следует отметить, что результаты выращивания этого вида были не

совсем однозначны. В одних работах при выращивании триплоидов были получены более высокие размерно-массовые показатели устриц, чем у диплоидов [20], тогда как в других исследованиях каких-либо существенных изменений между ними авторами не было отмечено [21].

При анализе закономерностей роста и продукции моллюсков большое значение имеет исследование особенностей относительного (аллометрического) роста различных частей тела [3, 11, 16, 21, 22]. Такие исследования представляют интерес для анализа приспособительного характера формы раковины в различных экологических условиях и имеют прикладное значение, например, для оценки выхода мягких частей тела и раковины в процессе культивирования. Кроме того, они связаны с разработкой технических средств при сборе урожая и сортировке полученной продукции.

Целью исследования является изучение морфологических особенностей аллометрического роста триплоидов тихоокеанской устрицы в северо-восточной части Черного моря (у побережья Кавказа).

Материалы и методы исследования. Работу проводили в восточной части Чёрного моря у побережья Северного Кавказа в 2019 г. Объектом исследования служили триплоидные тихоокеанские устрицы (T_{10}), полученные в устричном питомнике Франции (залив Марлен-Олерон), которых трансплантировали и выращивали в Чёрное море.

Устриц выращивали в пластиковых устричных садках, площадью 1 м^2 при плотности 300-400 экз./садок. Перед измерением раковины моллюсков щеткой очищали от обрастаний, промывали морской водой и обсушивали на фильтровальной бумаге. Для характеристики относительного роста моллюсков их подвергали биологическому анализу. В качестве основного показателя линейного размера устриц использовали высоту (Н) – расстояние от макушки до окончания брюшного края, который обычно используется при анализе популяции устриц [1, 21, 22]. У триплоидных устриц она варьировала в пределах 12-90 мм, индивидуальная масса – от 0,05 до 52,1 г. Кроме того, измеряли длину (L, мм), перпендикулярную высоте и толщину (выпуклость –

D) раковины устриц. Определяли также общую (живую) массу моллюска (W), массу раковины (W_r) и мягких тканей тела (W_m). Мантийную (межстворчатую) жидкость (W_{mg}) определяли по разнице между массой живой устрицы и суммарной массой раковины и мягких тканей.

Для анализа изменений размерных признаков популяции исследовали индексы вытянутости (H/L) и фронтальной кривизны (D/H) раковины устриц [1, 21]. Сравнительный морфометрический анализ триплоидов тихоокеанской устрицы проводили на основе их сопоставления с диплоидными (контрольными) моллюсками этого вида, полученных в этом районе ранее. Высота диплоидных устриц в вариационном ряде варьировала в пределах 12-108,2 мм, живая масса – от 0,45 до 118,3 г.

Связь между измеряемыми показателями – высотой целого моллюска с длиной и выпуклостью, а также зависимость между высотой и общей массой, живой массой с раковиной, мягкой тканью и мантийной жидкостью – аппроксимировали степенной функцией:

$$Y = a \cdot X^b \quad (1)$$

где X и Y – соответственно, независимая и зависимая переменные; a и b – параметры уравнения [10, 23].

Статистическую обработку данных осуществляли по общепринятым методам, изложенным в руководстве Г.Ф. Лакина [24], а также с помощью электронных таблиц «Excel-2010» и компьютерного пакета «Microcal Origin-8.5». Определяли среднюю арифметическую линейных значений или массы отдельных компонентов (X), а также стандартное отклонение (σ) и ошибку средней (m). Полученные зависимости считали значимым, если коэффициент регрессии (b) достоверно различались ($P > 0,95$) между одноименными параметрами диплоидов и триплоидных устриц [25].

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ сопряженных изменений связи длины (L_T) с высотой (H)

раковины у триплоидных устриц показало, что эта зависимость описывалась степенной функцией (рис. 1, уравнение 2, кривая 1):

$$L = 6,08 \cdot H^{0,42 \pm 0,042}, n = 81, R^2 = 0,789 \quad (2)$$

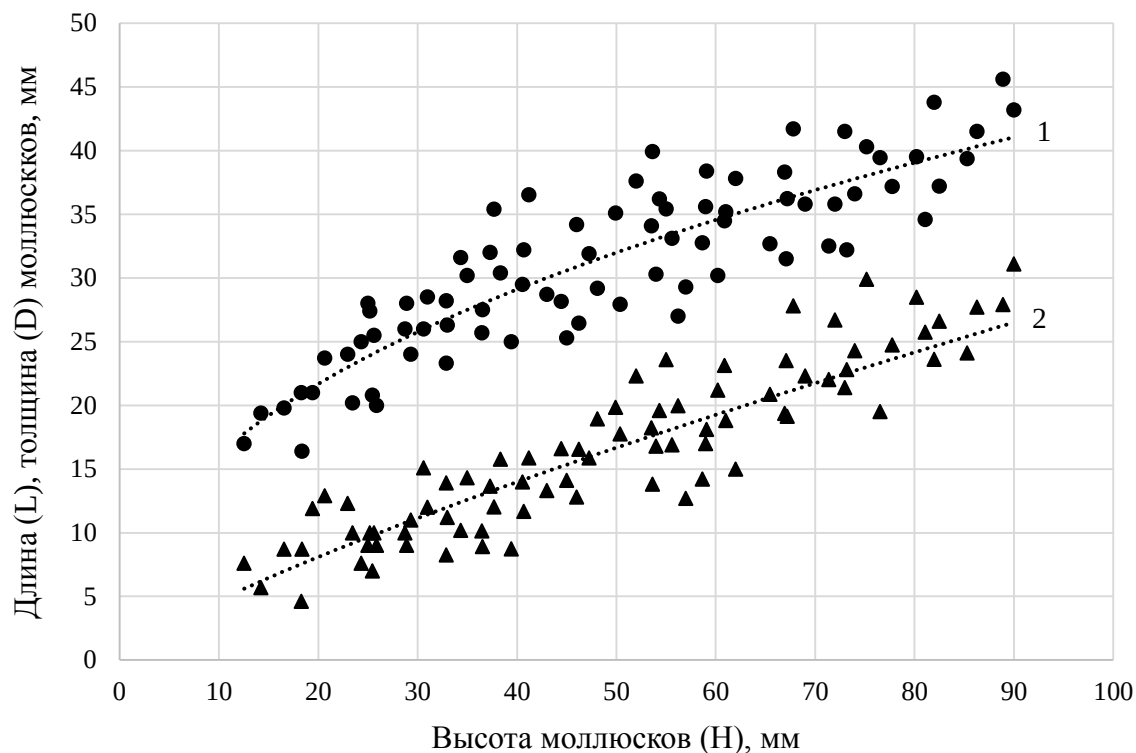


Рисунок 1 – Изменение длины (L_T) и выпуклости (D_T) в популяции триплоидных устриц в процессе выращивания у побережья Северного Кавказа

В отличие от триплоидов особей связь высоты с выпуклостью (D) раковины у диплоидных устриц заметно отличалась и описывалась уравнением (3):

$$L = 3,92 \cdot H^{0,59 \pm 0,032}, n = 67, R^2 = 0,841 \quad (3)$$

Разделив уравнение (2) на (3), получаем следующую зависимость (4):

$$L_T/L_D = 1,55 \cdot H^{-0,17} \quad (4)$$

Аллометрический коэффициент b в этом уравнении имел отрицательное значение $(-0,17)$, поэтому относительная длина (L_T/L_D) триплоидов с увеличением высоты (H) раковины, хотя и незначительно, снижалась.

Поскольку популяции моллюсков этого вида состояли из особей разных размерных групп, представляло интерес более детально изучить влияние плоидности на длину раковины тихоокеанской устрицы каждой группы. Для этого используется индекс вытянутости (H/L) раковин, который широко применяется при морфометрических исследованиях устриц [1, 16]. Следует отметить, что в процессе роста моллюсков в наибольшей степени изменяется высота устриц (H) и поэтому значение H/L как правило больше единицы, кроме более ранних стадий онтогенеза.

Изучение размера и формы разных размерных групп тихоокеанской устрицы показало, что в процессе роста высота раковины и её отношение к длине (H/L) у диплоидов и триплоидов характеризуется устойчивым положительным трендом (рис. 2).

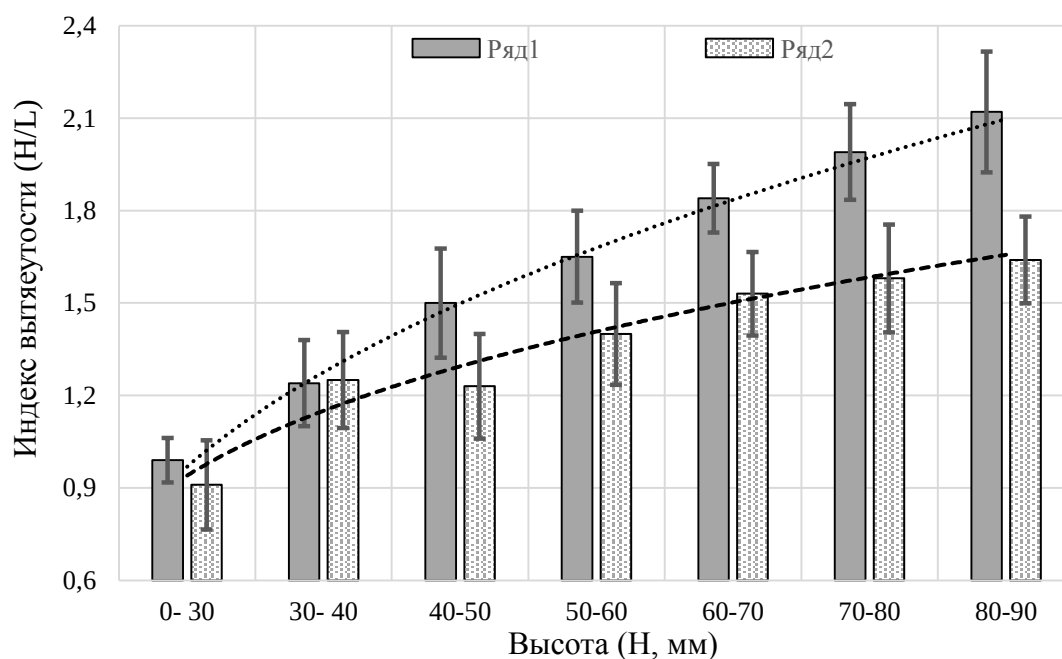


Рисунок 2 – Сравнительная характеристика индекса вытянутости (H/L) раковин триплоидов (ряд 1) и диплоидов (ряд 2) тихоокеанской устрицы в процессе роста; вертикальные линии – 95 % доверительный интервал

Начиная с наиболее мелких особей (12 мм) до моллюсков высотой до 60 мм, между диплоидными и триплоидными особями не наблюдалось статистически значимых различий в величине H/L , и доверительный интервал 95 % между указанными группами статистически не различался ($P < 0,95$). Однако, начиная с группы 60-70 мм и выше, у особей разной ploidy наблюдаются достоверные различия ($P > 0,95$) в форме раковины: у триплоидных моллюсков она была достоверно выше, чем у диплоидных особей.

Кроме того, параллельно с этим была изучена зависимость выпуклости (толщины D_T) от высоты раковины (H) триплоидов, которая описывалось аналогичным уравнением степенной функции (рис. 1, кривая 2; уравнение 5):

$$D_T = 0,74 \cdot H^{0,79 \pm 0,032}, R^2 = 0,821 \quad (5)$$

Аналогичное уравнение у диплоидов имело заметно иные численные значения коэффициентов a и b (уравнение 6):

$$D_D = 1,16 \cdot H^{0,65 \pm 0,048}, n = 67, R^2 = 0,733 \quad (6)$$

Аналогично соотношению длины с высотой устриц, разделив уравнение (4) на (5) получим уравнение (7):

$$D_T/D_D = 0,64 \cdot H^{0,14} \quad (7)$$

Таким образом, с увеличением высоты (H) относительная толщина (D_T/D_D) триплоидов, по сравнению с диплоидными моллюсков, возрастала. Вероятно, это обусловлено тем, что в процессе роста триплоидов происходило увеличения внутреннего объема раковины, связанного с ростом массы мягкой ткани (соматической и частично генеративной) моллюсков.

Это также могло быть обусловлено возрастным утолщением створок моллюсков в процессе индивидуального развития и привести к некоторому увеличению толщины устриц. Таким образом, в онтогенезе по мере роста высоты раковины у триплоидов тихоокеанской устрицы относительная длина раковины снижалась, тогда как относительный рост в толщину возрастала. Вероятно, что начиная с размера 60 мм и выше начинают проявляться морфологические различия, которые обусловлены геномом (разной ploидностью) сравниваемых популяций устриц.

Параллельно с линейными характеристиками были изучены другие размерно-массовые соотношения у триплоидных особей. Статистический анализ показал, что, как и других видов моллюсков, связь высоты с массой устриц описывалось уравнением параболы (рис. 3, уравнение 8):

$$W = 2,52 \cdot 10^{-4} \cdot H^{2,80 \pm 0,066}, n = 81, R^2 = 0,937 \quad (8)$$

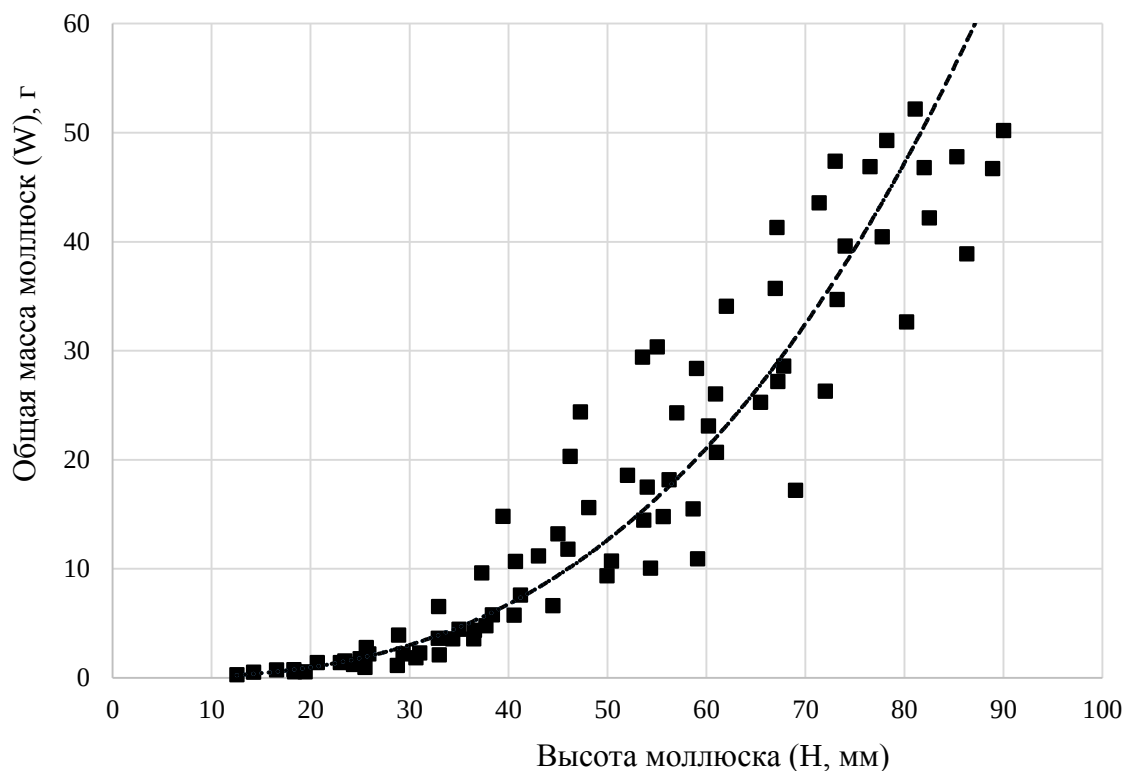


Рисунок 3 – Связь общей (живой) массы (W) с высотой (H) в процессе роста триплоидов тихоокеанской устрицы у побережья Северного Кавказа

В то же время, у диплоидов коэффициенты a и b составляли, соответственно, $1,2 \cdot 10^{-3}$ и $2,47 \pm 0,043$, $n = 67$, $R^2 = 0,941$ (7). Сравнение значений коэффициентов b в уравнениях (5) и (6) указывает, что у триплоидов значение коэффициента регрессии было достоверно выше ($P \geq 0,95$), чем у диплоидных устриц. По-видимому, это обусловлено тем, что у триплоидов тихоокеанской устрицы, хотя и происходило уменьшение длины (L_T), но заметно возрастала удельная скорость роста высоты (H) и выпуклости (D) раковины моллюска, что, в конечном итоге, может привести к увеличению общей масса моллюска (W).

Кроме указанных выше исследований была изучена зависимость массы раковины (W_r), мягких тканей (W_m) и мантийной жидкости (W_{mj}) от общей массы моллюсков в популяциях диплоидных и триплоидных особей. Численные значения коэффициентов a и b (уравнений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика параметров связи массы раковины (W_r), мягких тканей (W_m) и мантийной жидкости (W_{mj}) с общей массой (W) диплоидов и триплоидов тихоокеанской устрицы в северо-восточной части Чёрного моря*

Исследуемые параметры Investigated parameters	Число особей (N)	a	$\pm SE_a$	b	$\pm SE_b$	R^2
$W_r = f(W)$	<u>67</u> 81	<u>0,58</u> 0,50	<u>0,056</u> 0,021	<u>1,02</u> 1,03	<u>0,029</u> 0,027	<u>0,964</u> 0,978
$W_m = f(W)$	<u>67</u> 81	<u>0,29</u> 0,22	<u>0,026</u> 0,054	<u>0,66</u> 0,78	<u>0,044</u> 0,029	<u>0,803</u> 0,910
$W_{mj} = f(W)$	<u>67</u> 81	<u>0,18</u> 0,23	<u>0,040</u> 0,033	<u>1,10</u> 1,07	<u>0,079</u> 0,043	<u>0,800</u> 0,794

*Примечание: над чертой численные значения коэффициентов уравнений a и b и их стандартная ошибка у диплоидных особей, под чертой – триплоидов

Поскольку коэффициенты пропорциональности и регрессии в указанных

уравнениях заметно различались, представляло интерес сравнить их между собой. Анализ показал, что масса раковина (W_r) диплоидных особей, размером до 90 мм, превышала массу триплоидов, причём особенно заметно это отмечено на ранних стадиях онтогенеза, которая с возрастом постепенно уменьшалась. У наиболее крупных моллюсков, на завершающих стадиях развития, она не превышала на 7,5 %.

В то же время масса мягких тканей (W_m) до высоты 60-65 мм была выше у диплоидов, чем у триплоидов, однако с дальнейшим ростом последних она стала преобладать. В конце цикла выращивания W_m у триплоидных особей она значительно (на 18 %) превышала диплоидных моллюсков.

Что же касается мантийной жидкости, то до размера 50-55 мм у диплоидов она была выше, чем у триплоидов, однако с увеличением размера её масса у последних была также на 17 % выше, чем у диплоидных особей. Следует, однако, отметить, что масса мантийной жидкости была рассчитана косвенным (арифметическим) путём, поэтому в дальнейшем желательно получить реальные показатели, которые в полевых условиях были затруднены.

Для сравнительного анализа нами построены две диаграммы (бокс-плот или коробчатые диаграммы), на которых представлены средняя масса и медиана массы раковины (W_r) и мягких тканей (W_m) тихоокеанской устрицы разной пloidности. Масса раковины, в основном, представлена (на 95 %) неорганическим веществом (карбонатом кальция), с небольшим количеством органических соединений – белком (до 5 %), является своеобразным балластом, хотя частично может быть использована для получения кормовой продукции (крупки).

На рисунке 4 видно, что средняя масса раковины диплоидов в диапазоне 12- 90 мм, которая составила 10,69 г, тогда как у триплоидных особей – 9,53 г, т. е. у диплоидов она была выше на 12,1 %.

В то же время мягкая ткань моллюска, которая имеет основное значение при реализации устриц, может быть использована для производства пищевой продукции и изготовлении медицинских препаратов. На рисунке 5 видно, что

средняя масса мягкой ткани у диплоидов составляла 1,65 г, тогда как у триплоидов она достигла 2,05 г.

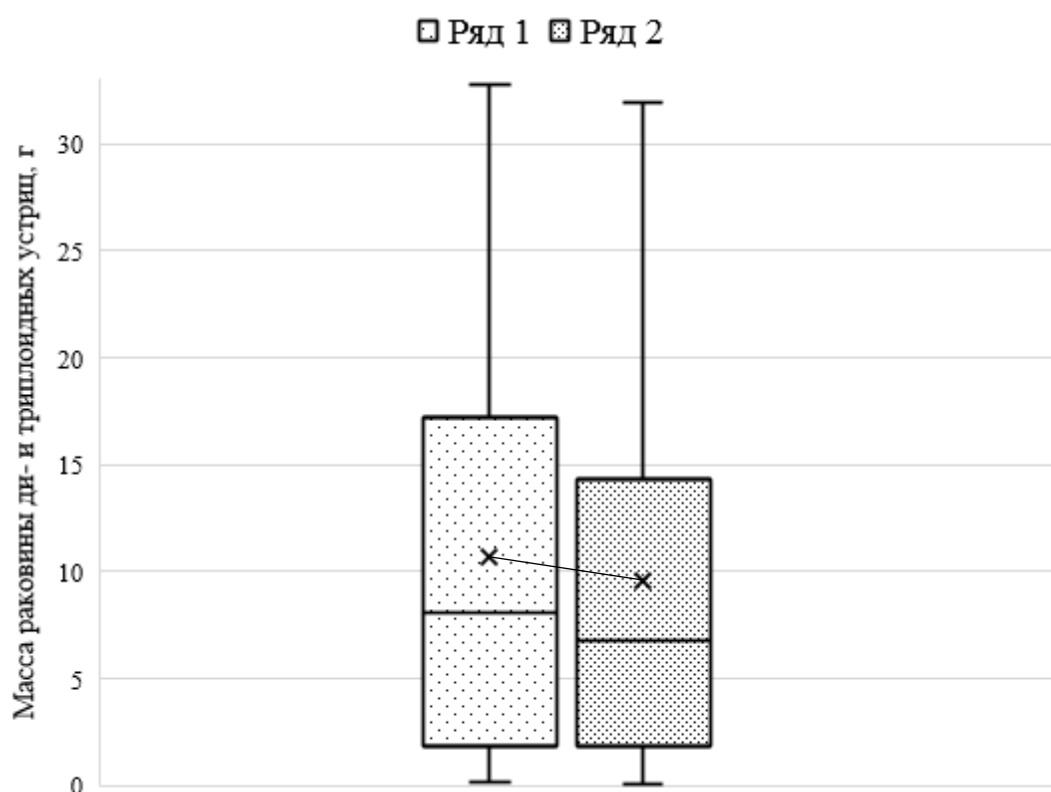


Рисунок 4 – Сравнительная характеристика средней массы раковины (отмечена крестиком) и медиана (полоса внутри прямоугольника) диплоидных (ряд 1) и триплоидных (ряд 2) тихоокеанской устрицы

Таким образом, средняя масса мягкой ткани триплоидов увеличивается на 22,4 % по сравнению с диплоидами. Близкое различие было характерно и для медианы (на графиках они указаны в виде продольных линий бокс-плота). Эта величина была довольно близка к нижней границе массы триплоидных устриц, отмеченных в иностранной литературе.

По данным иностранных авторов [25-27] скорость роста у триплоидов на 30-40 % превышает рост диплоидных устриц, причём в отдельных случаях может достигать 60-80 %. Возможно, это обусловлено сравнительно небольшим размерным рядом исследуемой популяции устриц (12-90 мм) триплоидов тихоокеанской устрицы, которая в естественных условиях они может

превышать 200 мм и массы 500 г [4, 6]. Кроме того, здесь может влиять и разное соотношение численности разных размерных групп, а также возраст сравниваемых популяций – диплоидные моллюсками представлены 1,5-годовыми особями, тогда как триплоиды – в возрасте не более 1 года.

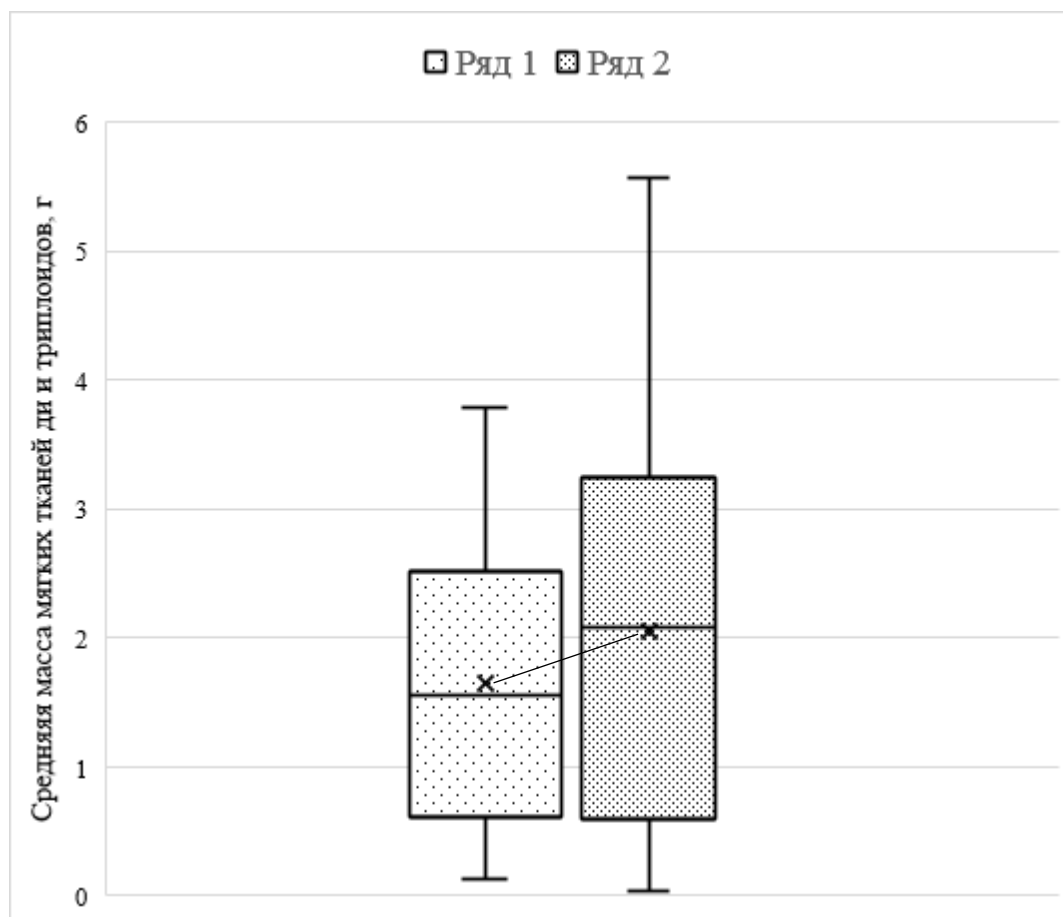


Рисунок 5 – Сравнительная характеристика средней массы мягких тканей (отмечена крестиком) и медиана (полоса внутри прямоугольника) диплоидных (ряд 1) и триплоидных (ряд 2) тихоокеанской устрицы в процессе выращивания

Что касается массы мантийной жидкости, то у диплоидов до длины 60 мм её содержание превышала величину триплоидных особей, однако у более крупных триплоидных моллюсков количество W_{mj} было выше, чем у диплоидов. Однако, как мы отмечали выше, эти данные следует подтвердить более точными экспериментальными исследованиями.

В целом можно отметить, что аллометрический рост двустворчатых

моллюсков обычно определяется как внутренней структурой (генотипом), так и факторами окружающей среды: температурой, солёностью, скоростью течения, величиной и качеством субстрата и т. д. Здесь могут играть важную роль и биотические факторы среды – плотность популяции, генеративная структура и стадии созревания гонад, возраст и трофические условия биотопа и др.

Представленные материалы могут служить отправной точкой для сравнительного анализа тихоокеанских устриц разной ploидности, выращиваемых в различных экологических условиях Азово-Черноморского бассейна.

Выводы

1. Проведен морфологический анализ аллометрического роста разных частей тела популяций диплоидов и триплоидов тихоокеанской устрицы, выращиваемой у побережья Северного Кавказа (Чёрное море). Показано, что в процессе роста высоты (H) триплоидов, относительная длина (L_T/L_D) моллюсков снижалась, тогда как относительная толщина (D_t/D_D) в популяции тихоокеанской устрицы возрастала.

2. Охарактеризована взаимосвязь между высотой и общей массой в популяции у диплоидных и триплоидных в процессе роста моллюсков. Обнаружено, что аллометрический коэффициент b в популяции триплоидных особей (2,80) достоверно выше, чем у диплоидных устриц (2,47).

3. В процессе выращивания устриц (до высоты 90 мм) рост массы раковины (W_r) мягкой ткани (W_m) и мантийной жидкости (W_{mj}) в зависимости от общей массы моллюска (W) в популяциях разной ploидности заметно изменялась. Показано, что коэффициенты регрессии, связывающие массу W_r и W_{mj} с общей массой устриц для диплоидных и триплоидов, описывались положительной аллометрией, равной, соответственно, 1,02 и 1,03 и 1,10 и 1,07, тогда как удельная масса мягких тканей – отрицательной аллометрией – 0,66 и 0,78.

4. Масса раковины (W_r) диплоидных особей во всех размерных группах превышала массу триплоидов. В то же время масса мягких тканей (W_m) у

диплоидов до высоты 60-65 мм была выше, чем у триплоидов, однако в более крупных размерных группах она была значительно больше, чем у диплоидных моллюсков.

5. Сравнительный анализ популяций моллюсков разной пloidности показал, что средняя масса раковины диплоидных особей была выше, чем в популяции триплоидных моллюсков (на 12,1 %), тогда как средняя масса мягких тканей у триплоидов, в среднем, была больше на 22,4 %, чем у диплоидных особей.

Список использованной литературы:

1. Кракатица Т.Ф. Биология черноморской устрицы *Ostrea edulis* L. в связи с вопросами ее воспроизводства // Биол. основы морской аквакультуры. К.: Наукова думка, 1976. 79 с.
2. Иванов А.И., Левин А.В., Попов В.В. Современное состояние запасов и распределение основных промысловых моллюсков мидий и устриц в северо-западной части Черного моря // Тезисы доклада Всесоюзной конференции молодых ученых «Научно-технический прогресс в рыбной промышленности». М.: Пищепромиздат, 1976. С. 17-19.
3. Кракатица Т.Ф. Сокращение ареала и уменьшение численности устриц в Егорлыцком заливе // В кн.: Моллюски, основные результаты их изучения. Л.: Наука, 1979. С. 112-114.
4. Quayle D.B. Pacific oyster culture in British Columbia // Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 1988. Vol. 218. 241 p.
5. Раков В.А. Биологическое обоснование акклиматизации тихоокеанской устрицы в Черном море. № гос. рег. 73045601. Владивосток: ТИНРО, 1978. 58 с.
6. Раков В.А. Биологические основы культивирования тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg) в заливе Петра Великого: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 / Владимир Александрович Раков. Владивосток, 1984. 189 с.
7. Хребтова Т.В., Моница О.Б. Культивирование черноморской и акклиматизация тихоокеанской устриц в Черном море // В сб.: Биол. основы аквакультуры в морях Европейской части СССР. М.: Наука, 1985. С. 180-188.
8. Орленко А.Н., Золотницкий А.П., Спекторова Л.В. Получение спата японской устрицы в Черном море // Рыбное хозяйство. 1990. № 3. С. 60-62.
9. Золотницкий А.П., Моница О.Б. Рост и продукция японской устрицы (*Crassostrea gigas* Thunberg), акклиматизируемой в Черном море // Экология моря. 1992. Вып. 41. С. 77-80.
10. Золотницкий А.П., Орленко А.Н., Жаворонкова А.М. Особенности аллометрического роста тихоокеанской устрицы (*Crassostrea gigas* Thunberg), интродуцированной в Черное море // Рыбное хозяйство Украины. 2009. № 3-4. С. 43-46.
11. Aydın M., Biltekin D., Breugelmans K., Backeljau T. First record, DNA identification and morphometric characterization of Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) in the southern Black Sea // BioInvasions Records. 2021. Vol. 10 (4). P. 838-852. DOI: 10.3391/bir.2021.10.4.08.
12. Stanley J.G., Hidu H., Allen S.K. Growth of American oysters increased by polyploidy induced by blocking meiosis I but not meiosis II // Aquaculture. 1984. Vol. 37. P. 147-155. DOI: 10.1016/0044-8486(84)90072-3.
13. Allen S.K., Downing S.L. Performance of triploid Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg). I. Survival, growth, glycogen content and sexual maturation in year-lings // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1986. Vol. 102 (2-3). P. 197-208. DOI: 10.1016/0022-0981(86)90176-0.
14. Guo X., De Brosse G.A., Allen S.K. All-triploid Pacific oysters (*Crassostrea gigas*, Thunberg)

- produced by mating tetraploids and diploids // *Aquaculture*. 1996. Vol. 142 (3-4). P. 149-161.
15. Guo X. Use and exchange of genetic resources in molluscan aquaculture // *Reviews in Aquaculture*. 2009. Vol. 1 (3-4). P. 251-259. DOI: 10.1111/j.1753-5131.2009.01014.x.
 16. Ibarra A.M., Ascencio-Michel R., Ramírez J.L., Manzano-Sarabia M., Rodríguez-Jaramillo C. Performance of diploid and triploid *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) grown in tropical versus temperate natural environmental conditions // *Journal of Shellfish Research*. 2017. Vol. 36. P. 119-139. DOI: 10.2983/035.036.0113.
 17. Nell J.A. Farming triploid oysters // *Aquaculture*. 2002. Vol. 210. P. 69-88.
 18. Вялова О.Ю. Первые результаты выращивания триплоидной тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* в Черном море (южный берег Крыма) // *Экология моря*. 2009. Вып. 79. С. 37-43.
 19. Вялова О.Ю., Золотницкий А.П., Жаворонкова А.М. Сравнительная морфометрия диплоидной и триплоидной тихоокеанской устрицы (*Crassostrea gigas* Thunberg) // Материалы III Международной научно-практической конференции «Биоразнообразие и устойчивое развитие» (15-19 сентября 2014 года, г. Симферополь, Крым). 2014. С. 68-70.
 20. Вялова О.Ю. Рост и сроки получения товарной триплоидной устрицы в лимане Донузлав (Чёрное море, Крым) // *Морской биологический журнал*. 2019. Т. 4. № 1. С. 24-32.
 21. Vialova O.Yu. Comparative morphological analysis of diploid and triploid oysters, *Crassostrea gigas*, farmed in the Black Sea // *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 2020. Vol. 44. P. 740-746.
 22. Garnaire B., Soletchnik P., Madec P. Diploid and triploid oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg), reared at two heights above sediment in Marennes-Oleron, France: difference in mortality, sexual maturation and hemocyte parameters // *Aquaculture*. 2006. Vol. 254. No. 1-4. P. 606-616.
 23. Заика В.Е. Балансовая теория роста животных. К: Наукова думка, 1985. 206 с.
 24. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
 25. Guo X., Wang Y., De Brosse G.A., Bushek D., Ford S.E. Building a superior oyster for aquaculture // *Jersey Shoreline*. 2008. Vol. 25. P. 7-9.
 26. McKinney R.A., Glatt S.M., Williams S.R. Allometric length-weight relationships for benthic prey of aquatic wildlife in coastal marine habitats // *Wildl. Biol.* 2004. Vol. 10. P. 241-249.
 27. Wadsworth P., Wilson A.E., William C.W. A meta-analysis of growth rate in diploid and triploid oysters // *Aquaculture*. 2019. Vol. 499. P. 9-16.

References:

1. Krakatitsa T.F. *Biologiya chernomorskoj ustrycy Ostrea edulis L. v svyazi s voprosami ee vosпроизводства* [Biology of the Black Sea oyster *Ostrea edulis* L. in connection with the issues of its reproduction]. *Biologicheskie osnovy morskoy akvakul'tury* [Biological fundamentals of marine aquaculture]. Kyiv, Naukova Dumka Publ., 1976, 79 p. (In Russian).
2. Ivanov A.I., Levin A.V., Popov V.V. *Sovremennoe sostoyanie zapasov i raspredelenie osnovny`x promy`slovy`x mollyuskov midij i ustricz v severo-zapadnoj chasti Chernogo morya* [The current state of stocks and distribution of the main commercial mussels and oysters in the northwestern part of the Black Sea]. *Tezisy doklada Vsesoyuznoj konferencii molodyh uchenykh «Nauchno-tekhnicheskij progress v rybnoj promyshlennosti»* [Abstracts of the report of the All-Union Conference of Young Scientists "Scientific and technical progress in the fishing industry"]. Moscow, Pishchepromizdat Publ., 1976, pp. 17-19. (In Russian).
3. Krakatitsa T.F. *Sokrashhenie areala i umen'shenie chislennosti ustricz v Egorly`czkom zalive* [Reduction of the range and decrease in the number of oysters in the Yegorlytsky Bay]. *Mollyuski, osnovnye rezul'taty ih izucheniya* [Mollusks, the main results of its study]. Leningrad, Nauka Publ., 1979, pp. 112-114. (In Russian).
4. Quayle D. B. Pacific oyster culture in British Columbia. *Can. Bull. fish. aquat. sci.*, 1988, vol. 218, 241 p. (In English).
5. Rakov V.A. *Biologicheskoe obosnovanie akklimatizacii tihoookeanskoj ustrycy v Chernom more* [Biological substantiation of acclimatization of the Pacific oyster in the Black Sea]. Vladivostok, TINRO Publ., 1978, 58 p. (In Russian).

6. Rakov V.A. *Biologicheskie osnovy` kul'tivirovaniya tixookeanskoj ustricy Crassostrea gigas (Thunberg) v zalive Petra Velikogo. Diss. ... kand. biol. nauk* [Biological bases of cultivation of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) in Peter the Great Bay. Dr. biol. sci. diss.]. Vladivostok, 1984, 189 p. (In Russian).
7. Khrebtova T.V., Monina O.B. *Kul'tivirovanie chernomorskoj i akklimatizaciya tixookeanskoj ustricz v Chernom more* [Cultivation of the Black Sea and acclimatization of the Pacific oyster in the Black Sea]. *Biologicheskie osnovy akvakul'tury v moryah Evropejskoj chasti SSSR* [Biological fundamentals of aquaculture in the seas of the European part of the USSR]. Moscow, Nauka Publ., 1985, pp. 180-188. (In Russian).
8. Orlenko A.N., Zolotnitsky A.P., Spektorova L.V. Poluchenie spatya yaponskoj ustricy v Chernom more [Obtaining spat of Japanese oyster in the Black Sea]. *Rybnoe hozyajstvo* [Fisheries], 1990, no. 3, pp. 60-62. (In Russian).
9. Zolotnitsky A.P., Monina O.B. Rost i produkcija yaponskoj ustricy (*Crassostrea gigas* Thunberg), akklimatiziruemoj v Chernom more [Growth and production of the Japanese oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg), acclimatized in the Black Sea]. *Ekologiya morya* [Ecology of the sea], 1992, vol. 41, pp. 77-80. (In Russian).
10. Zolotnitsky A.P., Orlenko A.N., Zhavoronkova A.M. Osobennosti allometricheskogo rosta tixookeanskoj ustricy (*Crassostrea gigas* Thunberg), introducirovannoj v Chernoe more [Features of the allometric growth of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) introduced into the Black Sea]. *Rybnoe hozyajstvo Ukrainy* [Fisheries of Ukraine], 2009, no. 3-4, pp. 43-46. (In Russian).
11. Aydın M., Biltekin D., Breugelmans K., Backeljau T. First record, DNA identification and morphometric characterization of Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) in the southern Black Sea. *BioInvasions Records*, 2021, vol. 10 (4), pp. 838-852. (In English). DOI: 10.3391/bir.2021.10.4.08.
12. Stanley J.G., Hidu H., Allen S.K. Growth of American oysters increased by polyploidy induced by blocking meiosis I but not meiosis II. *Aquaculture*, 1984, vol. 37, pp. 147-155. (In English). DOI: 10.1016/0044-8486(84)90072-3.
13. Allen S.K., Downing S.L. Performance of triploid Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg). I. Survival, growth, glycogen content and sexual maturation in year-lings. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1986, vol. 102 (2-3), pp. 197-208. (In English). DOI: 10.1016/0022-0981(86)90176-0.
14. Guo X., De Brosse G.A., Allen S.K. All-triploid Pacific oysters (*Crassostrea gigas*, Thunberg) produced by mating tetraploids and diploids. *Aquaculture*, 1996, vol. 142 (3-4), pp. 149-161. (In English).
15. Guo X. Use and exchange of genetic resources in molluscan aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 2009, vol. 1 (3-4), pp. 251-259. (In English). DOI: 10.1111/j.1753-5131.2009.01014.x.
16. Ibarra A.M., Ascencio-Michel R., Ramírez J.L., Manzano-Sarabia M., Rodríguez-Jaramillo C. Performance of diploid and triploid *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) grown in tropical versus temperate natural environmental conditions. *Journal of Shellfish Research*, 2017, vol. 36, pp. 119-139. (In English). DOI: 10.2983/035.036.0113.
17. Nell J.A. Farming triploid oysters. *Aquaculture*, 2002, vol. 210, pp. 69-88. (In English).
18. Vyalova O.Yu. Pervy'e rezul'taty` vy'rashhivaniya triploidnoj tixookeanskoj ustricy *Crassostrea gigas* v Chernom more (yuzhnyj bereg Kryma) [The first results of cultivation of the triploid Pacific oyster *Crassostrea gigas* in the Black Sea (southern coast of Crimea)]. *Ekologiya morya* [Ecology of the sea], 2009, vol. 79, pp. 37-43. (In Russian).
19. Vyalova O.Yu., Zolotnitsky A.P., Zhavoronkova A.M. Sravnitel'naya morfometriya diploidnoj i triploidnoj tixookeanskoj ustricy (*Crassostrea gigas* Thunberg) [Comparative morphometry of the diploid and triploid Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg)]. *Materialy. III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Bioraznoobrazie i ustojchivoe razvitiye»* [Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference "Biodiversity and Sustainable Development"] (September 15-19, 2014, Simferopol, Crimea)., 2014, pp. 68-70.

- (In Russian).
20. Vyalova O.Yu. Rost i sroki polucheniya tovarnoj triploidnoj ustricy v limane Donuzlav (Chyornoe more, Kry`m) [Growth and timing of obtaining a commercial triploid oyster in the Donuzlav Estuary (Black Sea, Crimea)]. *Morskoj biologicheskij zhurnal* [Marine Biological Journal], 2019, vol. 4, no. 1, pp. 24-32. (In Russian).
 21. Vialova O.Yu. Comparative morphological analysis of diploid and triploid oysters, *Crassostrea gigas*, farmed in the Black Sea. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 2020, vol. 44, pp. 740-746. (In English).
 22. Garnaire B., Soletchnik P., Madec P. Diploid and triploid oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg), reared at two heights above sediment in Marennes-Oleron, France: difference in mortality, sexual maturation and hemocyte parameters. *Aquaculture*, 2006, vol. 254, no. 1-4, pp. 606-616. (In English).
 23. Zaika V.E. *Balansovaya teoriya rosta zivotny`x* [Balance theory of animal growth]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1985, 206 p. (In Russian).
 24. Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990, 352 p. (In Russian).
 25. Guo X., Wang Y., De Brosse G.A., Bushek D., Ford S.E. Building a superior oyster for aquaculture. *Jersey Shoreline*, 2008, vol. 25, pp. 7-9. (In English).
 26. McKinney R.A., Glatt S.M., Williams S.R. Allometric length-weight relationships for benthic prey of aquatic wildlife in coastal marine habitats. *Wildl. Biol.*, 2004, vol. 10, pp. 241-249. (In English).
 27. Wadsworth P., Wilson A.E., William C.W. A meta-analysis of growth rate in diploid and triploid oysters. *Aquaculture*, 2019, vol. 499, pp. 9-16. (In English).

Сведения об авторах / Information about authors

Золотницкий Александр Петрович	д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории марикультуры отдела «Керченский» Азово-Черноморский филиал «ВНИРО» («АзНИИРХ») Республика Крым, г. Керчь, 298300, ул. Свердлова, 2 zap6@mail.ru
Zolotnitsky Alexander Petrovich	Dr. Sci. (Biol), Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Mariculture, Kerch department Azov-Black Sea branch of "VNIRO" ("AzNIIRKh") Republic of Crimea, 298300, Kerch, Sverdlova str., 2 zap6@mail.ru
Михайлов Владимир Владимирович	Ведущий специалист лаборатории марикультуры отдела «Керченский» Азово-Черноморский филиал «ВНИРО» («АзНИИРХ») Республика Крым, г. Керчь, 298300, ул. Свердлова, 2 vladmih06@mail.ru
Mikhailov Vladimir Vladimirovich	Leading Specialist of the Laboratory of Mariculture, Kerch department Azov-Black Sea branch of "VNIRO" ("AzNIIRKh") Republic of Crimea, 298300, Kerch, Sverdlova str., 2 vladmih06@mail.ru
Сытник Наталья Александровна	канд. биол. наук, доцент, заведующая кафедрой экологии моря Керченский государственный морской технологический университет 298309, Республика Крым, г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82 amtek-kerch@mail.ru
Sytnik Natalya Aleksandrovna	Ph.D. (Biol.), Associate Professor, Head of the Department of marine ecology Kerch State Maritime Technological University 298309, Republic of Crimea, Kerch, Ordzhonikidze str., 82 amtek-kerch@mail.ru