

УДК 594.124:577.1(262.5)

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ АКВАТОРИЙ В РАЙОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ МАРИХОЗЯЙСТВ
(СЕВАСТОПОЛЬ, ЧЕРНОЕ МОРЕ)**

Челядина Н. С., Попов М. А.

*Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь,
Республика Крым, Россия
E-mail: chelydina2007@mail.ru*

Мидию *Mytilus galloprovincialis* использовали как биоиндикатор состояния окружающей водной среды в районах размещения марихозяйств. Изменение соотношения фенотипов, половой структуры и морфометрических характеристик применяли как косвенные показатели, отражающие уровень экологической комфортности культивируемых мидий. В акватории, подверженной загрязнению, отмечены больший процент мидий с черной окраски раковины (77 %) и сдвиг половой структуры в сторону увеличения количества самцов (78 %). Индекс H/L раковин мидий был выше у моллюсков из акватории с повышенной техногенной нагрузкой.

Ключевые слова: Черное море, мидия *Mytilus galloprovincialis*, фен, пол, морфометрические параметры, мидийно-устричная ферма.

ВВЕДЕНИЕ

Рациональная организация промышленной конхиокультуры на Черном море возможна только на основе комплексного изучения биологии культивируемых видов, разработки практических рекомендаций по выбору мест размещения марихозяйств, оптимизации процесса культивирования, оценки взаимодействия окружающей среды и марихозяйств. Первостепенное значение при размещении мидийно-устричных ферм отводится выбору акватории. При этом важно учитывать физико-географические особенности района размещения, качество водной среды, кормовую базу, наличие достаточной концентрации личинок культивируемых моллюсков и т. д. [1, 2]. На функционирующих марихозяйствах необходимо учитывать взаимное влияние культивируемых гидробионтов и окружающей среды. Мониторинговые исследования биологии мидий на марихозяйствах косвенно отражают экологическое состояние акватории. Определены организмы, которые используются как биоиндикаторы состояния окружающей водной среды. По данным «International Council for the Exploration of the Sea», мидия *Mytilus* sp. входит в перечень этих видов-«мишеней» [3, 4].

Одним из средообразующих и культивируемых видов в Черном море является мидия *Mytilus galloprovincialis* Lam. Изменение соотношения фенотипов [5, 6], половой структуры [5, 7] и морфометрических [8] характеристик мидий является характерным откликом на загрязнение окружающей среды.

Цель работы – использовать мидию *M. galloprovincialis* как биоиндикатор окружающей среды при сравнении экологического состояния акваторий в местах размещения марихозяйств в бухтах г. Севастополя.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальную часть работы проводили в течение 2004–2007 гг. на мидийно-устричной ферме, расположенной на внешнем рейде г. Севастополя, и мидийной ферме в бухте Мартынова (рис. 1). Мидию *M. galloprovincialis* собирали посезонно с веревочных коллекторов с глубины 3 м. Для исследований отбирали 150 мидий. У моллюсков изучали морфометрические параметры, окраску раковины, пол. Окраску раковины моллюска определяли по методике, предложенной Драголи [9], который среди разнообразных форм окраски раковины выделял мидий с черной (Ч) и коричневой (К) окраской. Для определения пола использовали методику визуального изучения мазков гонад под бинокляром МБИ-6 [10]. При помощи штангенциркуля с точностью до 0,1 мм измеряли следующие параметры: L – длина, мм; Н – высота, мм; D – ширина, мм [8]. Для определения формы раковины применяли индексы отношений: высота створки к ее длине Н/L (вытянутость), ширина к длине D/L (выпуклость). Для обработки материала использовали пакет программ Microsoft Office Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ферма внешнего рейда расположена западнее южного мола Севастопольской бухты в открытой части моря. Грунт под фермой – песок с включениями ила. Ферма хорошо «вентилируется» даже при незначительных ветро-волновых перемешиваниях. Мидийная ферма в бухте Мартыновой расположена в 200 метрах от кутовой части (рис. 1).

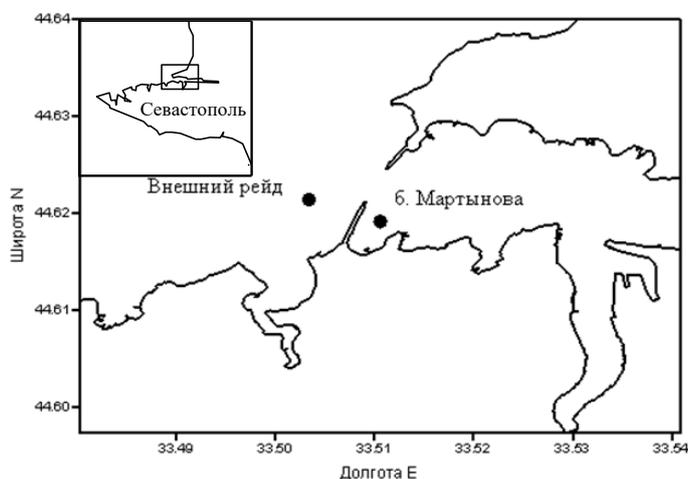


Рис. 1. Район расположения марихозяйств

Грунт под фермой – топкий ил с характерным запахом сероводорода. В соответствии со значением PLI_{site} бухта Мартынова характеризуется как чрезвычайно загрязненная [11]. Акватория бухты периодически загрязняется нефтепродуктами [12].

До 2000-х годов у берегов Черного моря исследователи в большинстве случаев отмечали равное соотношение полов у мидии *M. galloprovincialis* – 1 : 1 (♀ : ♂) при 1–3 % гермафродитов.

При определении частоты встречаемости цветовых морф мидий отмечен больший процент моллюсков с черной окраской раковины в исследуемых районах независимо от сезона и года. На рисунке 2 представлены усредненные результаты фенотипической структуры культивируемых мидий за период исследования.

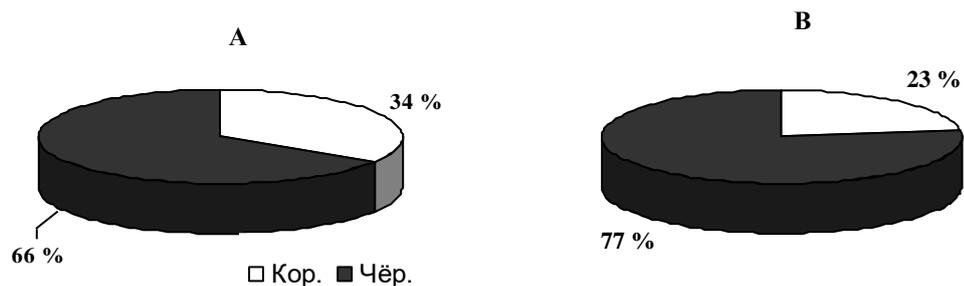


Рис. 2. Соотношение окраски раковины у мидии *M. galloprovincialis* (А – внешний рейд; Б – б. Мартынова)

Соотношение коричневой окраски (К) раковины к черной (Ч) на внешнем рейде было 1 : 1,9 (К : Ч), в б. Мартыновой – 1 : 3,3 (К : Ч). Различные адаптивные реакции мидий с черной и коричневой окраской под воздействием среды обитания обусловлены генетическими особенностями и влияют на физиологические процессы. Черные мидии доминируют на скалах, коричневые – на илистых грунтах. Особи черной морфы населяют преимущественно твердые субстраты в прибойной зоне морских акваторий [1, 13]. Известно, что мидии оседают на коллекторы в равном соотношении фенотипов 1 : 1 (К : Ч) [14]. Ранее нами было показано [15], что соотношение особей с различной окраской раковины у *M. galloprovincialis* может меняться в зависимости от месторасположения мидийных ферм. По мере роста моллюсков на коллекторах количество особей с черной окраской раковины увеличивалось в акваториях с неблагоприятной экологической обстановкой и соотношение достигало 1 : 3,7 (К : Ч). Известно, что мидии с черной окраской раковины имеют более прочный биссусный аппарат, а мидии с коричневой окраской раковины более чувствительны к загрязнению воды [16]. По-видимому, при увеличении размеров моллюсков происходит опадание на дно мидий преимущественно с коричневой окраской раковины. В результате естественного отбора выживают наиболее приспособленные к данному местообитанию особи, а

изменение соотношения фенотипов можно рассматривать как характерный отклик мидийной популяции на изменения окружающей среды.

До 2000-х годов у берегов Черного моря исследователи в большинстве случаев отмечали равное соотношение полов у мидии *M. galloprovincialis* 1 : 1 (♀ : ♂) при 1–3 % гермафродитов [10, 17]. В более современных работах показан сдвиг половой структуры искусственных и природных поселений мидии как в сторону преобладания самцов, так и самок [5, 13, 18]. Известно, что соотношение самцов и самок в популяции мидий зависит как от генетических механизмов формирования пола, так и от экологических условий среды [19, 20]. Объяснение генетических механизмов этого процесса противоречиво [21]. К экологическим факторам, влияющим на соотношение пола моллюсков, относят расположение в друзе, ограниченный водообмен, накопление органического вещества в водной толще и донных отложениях [13].

В период наших исследований на мидийных фермах отмечен сдвиг половой структуры моллюсков в сторону увеличения количества самцов (рис. 3). Максимальный сдвиг половой структуры отмечен у мидий, отобранных в б. Мартыновой. В этой бухте преобладание самцов над самками составило 1 : 4 (♀ : ♂). На внешнем рейде соотношение полов составило 1 : 1,8 (♀ : ♂). Такая маскулинизация популяции моллюсков, происходящая под воздействием загрязняющих веществ, может быть причиной репрессии части половых генов [7, 10].

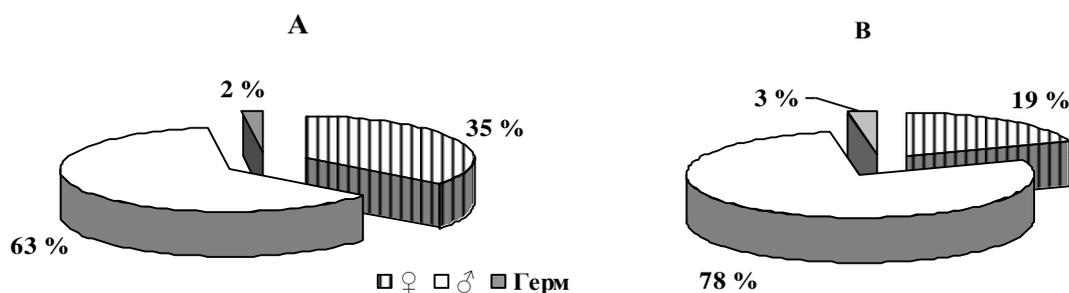


Рис. 3. Соотношение полов у мидии *M. galloprovincialis* (А – внешний рейд; В – б. Мартынова)

Морфометрические параметры мидий имеют адаптивное значение, поэтому являются удобными маркерными признаками при оценке состояния окружающей водной среды. Механизмами адаптации к техногенному прессингу являются увеличение выпуклости (D/L), изменение относительной высоты (H/L) и толщины раковины [8].

При изучении соотношений морфометрических параметров у мидий отмечено, что достоверных отличий в индексе D/L и толщины раковины не наблюдалось ($p \leq 0,05$). При сравнительном анализе индекса H/L у мидий из исследуемых мест обитания выявлено, что в б. Мартыновой соотношение H/L было более высоким ($0,65 \pm 0,01$), чем на внешнем рейде ($0,5 \pm 0,01$) (рис. 4).

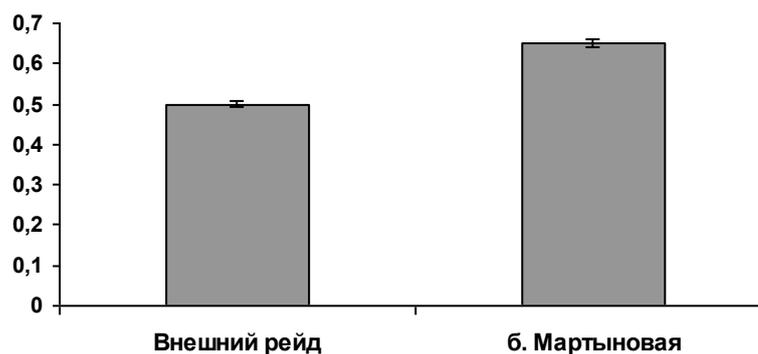


Рис. 4. Соотношение индекса Н/Л у мидии *M. galloprovincialis*

Это, по-видимому, связано с повышенной техногенной нагрузкой (загрязнение нефтепродуктами) в Мартыновья бухте. Концентрации нефтяных углеводородов, даже не достигающие поражающего уровня для морской биоты, вступают в сложные взаимодействия с гидробионтами. Первым этапом этого процесса является накопление или поверхностное загрязнение морских организмов-обитателей [12].

Ранее отмечалось, что изменчивость раковин мидии в прибрежной зоне Черного моря имела четкую связь между их формой и уровнем развитости техногенной инфраструктуры побережья. В частности, индексы выпуклости и вытянутости створок увеличивались в акваториях причалов и портов [8, 23, 24]. Изменение исследуемых индексов также может происходить под влиянием воздействия прибоев, физического давления соседних особей в поселениях моллюсков [24]. Известно [22], что уменьшение вытянутости раковин (увеличение Н/Л) связано с приспособлением мидий к снижению энергетических затрат при длительном смыкании створок, изолирующем моллюска от неблагоприятных условий внешней среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. У культивируемой мидии *M. galloprovincialis* отмечен сдвиг половой структуры в сторону увеличения количества самцов в наиболее загрязненной Мартыновья бухте, где соотношение полов составило 1 : 4 (♀ : ♂) по сравнению с внешним рейдом – 1 : 1,8 (♀ : ♂).
2. В акватории, подверженной загрязнению (б. Мартыновья), отмечен больший процент мидий с черной окраской раковины (77 %), чем на внешнем рейде (23 %).
3. Индекс Н/Л раковин мидий был выше у моллюсков из б. Мартыновья ($0,65 \pm 0,01$) по сравнению с внешним рейдом ($0,5 \pm 0,01$), что свидетельствует о повышенной техногенной нагрузке в акватории Мартыновья бухты.
4. Увеличение количества мидий с черной окраской раковины, количества самцов, индекса вытянутости (Н/Л) раковины *M. galloprovincialis* является

косвенным показателем, отражающим уровень экологической комфортности мидий в районах размещения марихозяйств.

5. Из исследуемых акваторий наиболее перспективным районом для культивирования мидий является внешний рейд г. Севастополя.

Список литературы

1. Биология культивируемых мидий / под ред. В. Н. Иванова. – Киев: Наукова думка, 1989. – 100 с.
2. Холодов В. И. Выращивание мидий и устриц в Черном море / В. И. Холодов, Л. В. Пиркова, Л. В. Ладыгина – Воронеж: ООО ИЗДАТ-ПРИНТ, 2017. – 508 с.
3. Davies I. M. Integrated marine environmental monitoring of chemicals and their effects / I. M. Davies and A. D. Vethaak // ICES Cooperative Research Report – 2012. – No. 315. – 277 p.
4. Kuznetsova T. V. Comparative assessment of water quality through the evaluation of cardiac responses of native mussels / T. V. Kuznetsova, S. V. Kholodkevich // 4rd Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO. IEEE conference publications. – 2015. Budva, Montenegro. – P. 339–344.
5. Челядина Н. С. Анализ фенотипической, половой структуры и стадий зрелости гонад коллекторной мидии *Mytilus galloprovincialis* (г. Севастополь, Черное море) / Н. С. Челядина // Актуальные проблемы аквакультуры в современный период. Материалы докладов. – Ростов-на-Дону, 28.09.–02.10.2015. – Ростов н/Д: ФГБНУ «АзНИРХ», 2015. – С. 190–193.
6. Chelyadina N. S. The ecological condition of coastal waters off the Heracles Peninsula (Crimea, the Black Sea) / N. S. Chelyadina, M. A. Popov, E. V. Lisitskaya, N. V. Pospelova, V. N. Popovichev // Ecologica Montenegrina. – 2017. – 14. – P. 39–47.
7. Lehtonen K. K. Development of tools for integrated monitoring and assessment of hazardous substances and their biological effects in the Baltic Sea / K. K. Lehtonen, B. Sundelin, T. Lang, J. Strand // AMBIO. – 2014. – V. 43, No 1. – P. 69–81.
8. Дехта В. А. Содержание химических элементов в раковинах и изменчивость их формы у мидий *Mytilus galloprovincialis* прибрежной зоны Черного моря / В. А. Дехта, Н. Н. Каталевский. // Геозкол. исслед. и охрана недр. – 2000. – № 3. – С. 26–33.
9. Драголи Л. В. К вопросу о взаимосвязи между вариациями черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) / Л. В. Драголи // Распределение бентоса и биология донных животных в южных морях. – К.: Наук. думка, 1966. – С. 3–15.
10. Пиркова А. В. Размножение мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. и элементы биотехнологии ее культивирования: Дисс. на соиск. ученой степени канд. биол. наук / А. В. Пиркова. – Севастополь, 1994. – 198 с.
11. Игнатъева О. Г. Оценка уровня загрязнения Севастопольской бухты / О. Г. Игнатъева // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. науч. тр. Вып. 26, том 2 / НАН Украины, МГИ, ИГН, ОФ ИнБЮМ. Редкол.: Иванов В. А. – Севастополь, 2007. – С. 50–56.
12. Миронов О. Г. Нефтяное загрязнение у берегов Севастополя / О. Г. Миронов, И. П. Муравьева, Т. О. Миронова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. науч. тр. Вып. 26, том 1 / НАН Украины, МГИ, ИГН, ОФ ИнБЮМ. Редкол.: Иванов В. А. – Севастополь, 2012. – С. 212–2016.
13. Шурова Н. М. Структурно-функциональная организация популяции мидий *Mytilus galloprovincialis* Черного моря: Дисс. на соиск. ученой степени канд. биол. наук / Н. М. Шурова. – Севастополь, 2009. – 398 с.
14. Казанкова И. И. Формирование поселений *Mytilus galloprovincialis* Lam. на искусственных субстратах у южных и юго-западных берегов Крыма: Автореф. дисс. на соиск. ученой степени канд. биол. наук / И. И. Казанкова. – Севастополь, 2006. – 24 с.
15. Челядина Н. С. Морфологические, биохимические и химические характеристики мидии *Mytilus galloprovincialis* lam., культивируемой в Черном море: Дисс. на соискание ученой степени канд. биол. наук / Н. С. Челядина. – Севастополь, 2014. – 144 с.
16. Булатов К. В. Различия в прикреплении к субстрату мидий разных генотипов / К. В. Булатов, Т. В. Звезда // Цитология и генетика. – 1987. – Т. 21, № 1. – С. 71–74.

17. Кудинский О. Ю. Половое созревание мидий в современных условиях северо-западной части Черного моря / О. Ю. Кудинский, Н. В. Мартынова, Т. В. Столетова // Биологические основы аквакультуры в морях европейской части СССР. – М.: Наука, 1985. – С. 169–180.
18. Караванцева Н. В. Половая структура мидий *Mytilus galloprovincialis* (Lam.), обитающих у берегов Крыма / Н. В. Караванцева // Экология моря. – 2009. – № 77. – С. 57–61.
19. Yoichi Yusa. Population Genetics of Sex Determination in *Mytilus* Mussels: Reanalyses and a Model / Yusa Yoichi, Sophie Breton, Walter R. Hoeh. // Journal of Heredity. – 2013. – V. 104, Is. 3. – P. 380–385.
20. Le J. S. Sex and Sex Reversal of Bivalves / J. S. Le // The Korean Journal of Malacology. – 2015. – V. 31, Is. 4. – P. 315–322.
21. Saavedra C. Male-dependent doubly uniparental inheritance of mitochondrial DNA and female-dependent sex-ratio in the mussel *Mytilus galloprovincialis* / C. Saavedra, M. I. Reyero, E. Zouros // Genetics. – 1997. – V. 145. – P. 1073–1082.
22. Дехта В. А. Консервативная изменчивость в мониторинге и оценке состояния морских экосистем на примере мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. / В. А. Дехта // Проблемы устойчивого функционирования водных и наземных экосистем: Сб. научн. тр., Ростов н/Д: АзНИИРХ, 2006. – С. 102–104.
23. Ломакин П. Д. Океанологическая характеристика и оценка загрязнения вод Балаклавской бухты / П. Д. Ломакин, М. А. Попов // Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. – 218 с.
24. Варигин А. Ю. Рост мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam в донных поселениях северо-западной части Черного моря: Дисс. на соискание ученой степени канд. биол. наук / А. Ю. Варигин – Севастополь, 2006. – 22 с.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE WATER AREAS IN THE AREAS OF MARINE FARMS (SEVASTOPOL, THE BLACK SEA)

Chelyadina N. S., Popov M. A.

*Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Crimea, Russian Federation
E-mail: chelyadina2007@mail.ru*

At functioning marine farms it is necessary to take into account the mutual influence of cultivated hydrobionts and the environment. Monitoring researches of mussels biology indirectly reflect the ecological state of the water area. Mussel *Mytilus galloprovincialis* was used as a bio-indicator of the condition of the aquatic environment. The change in the ratio of phenotypes, sexual structure and morphometric characteristics were used as indirect indicators reflecting the level of ecological comfort of mussels. In this paper the description of the areas where marine farms are located in the city of Sevastopol (the Black Sea) are given. The experimental part of the work was carried out during 2004–2007 on the mussel-oyster farm located on the external raid of the Sevastopol city and the mussel farm in Martynova Bay. The water area of the external raid is characterized as a relatively quality environment, the Martynova Bay is occasionally polluted with oil-products. The phene and morphometric parameters of the shell, the sexual structure of the mussel population were determined in *M. galloprovincialis*. To determine the shape of the shell used indexes of relationships: the height of the shuck its length H/L (elongation), width to length D/L (convexity). In determining the frequency of occurrence of phene, a greater percentage of mollusks with a black color of the shell in the

investigated areas, independent of season and year, were noted. The ratio of the brown color (Br) of the shell to the black (B) in the external raid was 1: 1,9 (Br : B), in b. Martynova 1 : 3,3 (Br : B). The number of mussels with black shell color is increased under unfavorable factors of medium. The shift in the sexual structure of mollusks towards the increase in the number of males is noted. The maximum shift of the sexual structure was noted in mussels, selected in b. Martynovoy. The predominance of males over females was 1 : 4 (♀ : ♂) in this bay. The ratio of the sexes was 1 : 1,8 (♀ : ♂) in the external raid. Such masculinization of the mollusk population, which occurs under the influence of pollutants, can cause repression of some of the genes. Morphometric parameters of mussels have an adaptive value, therefore they are convenient marker signs in assessing the state of the aquatic environment. Mechanisms of adaptation to technogenic pressing are increasing the convexity (D/L), changing the relative height (H/L) and the thickness of the shell. There were no significant differences in the D/L index and shell thickness were noted. In a comparative analysis of the H/L index in mussels from the investigated water areas, were shown the mussel from b. Martynova have H/L higher ($0,65 \pm 0,01$) then to the external raid ($0,5 \pm 0,01$). This is due to increased man-made burden (pollution by oil products) in Martynov Bay. The increase in the number of mussels with black color of the shell, the number of males, the elongation index (H/L) of the *M. galloprovincialis* shell are indirect indicators reflecting the level of ecological comfort of the mussels in the areas where the marine farms are located. The most promising area for cultivation of mussels is the external raid of the city of Sevastopol from the investigated water areas.

Keywords: Black Sea, mussel *Mytilus galloprovincialis*, phene, sex, morphometric parameters, mussel-oyster farm.

References

1. Ivanov V. N., Holodov V. I., Senicheva M. I., Pirkova A. V., Bulatov K. V. *Biologiya kultiviruemykh midi*, 100 (K.: Nauk. dumka, 1989).
2. Xolodov V. I., Pirkova A. V., Ladygina L. V. *Vyrashhivanie midij i ustric v Chjornom more*, 508 (Voronezh: OOO Izdat-print, 2017).
3. Davies I. M. and Vethaak A. D. Integrated marine environmental monitoring of chemicals and their effects, *ICES Cooperative Research Report*, **315**, 277 (2012).
4. Kuznetsova T. V., Kholodkevich S. V. Comparative assessment of water quality through the evaluation of cardiac responses of native mussels, 4rd Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO. IEEE conference publications. Budva, Montenegro, 339 (2015).
5. Cheljadina N. S. Analiz fenotipicheskoy, polovoj struktury i stadij zrelosti gonad kollektornoj midii *Mytilus galloprovincialis* (g. Sevastopol', Chjornoe more), Aktual'nye problemy akvakul'tury v sovremennyj period. Mat. dokladov. – Rostov-na-Donu, 28. 09–2. 10. 2015, 190 (Rostov-na-Donu: FGBNU «AzNIRH», 2015).
6. Chelyadina N. S., Popov M. A., Lisitskaya E. V., Pospelova N. V., Popovichev V. N. The ecological condition of coastal waters off the Heracles Peninsula (Crimea, the Black Sea), *Ecologica Montenegrina*, **14**, 39 (2017).
7. Lehtonen K. K., Sundelin B., Lang T., Strand J. Development of tools for integrated monitoring and assessment of hazardous substances and their biological effects in the Baltic Sea, *AMBIO*, **43**, **1**, 69 (2014).
8. Dehta V. A., Katalevskij N. N. Soderzhanie himicheskikh jelementov v rakovinah i izmenchivost' ih formy u midij *Mytilus galloprovincialis* pribrezhnoj zony Chjornogo morja, *Geojekologicheskie issledovaniya i ohrana ndr*, **3**, 26 (2000).

9. Dragoli L. V. *K voprosu o vzaimosvjazi mezhdju variacijami chernomorskoj midii (Mytilus galloprovincialis Lam.), Raspredelenie bentosa i biologija donnyh zhivotnyh v juznyh morjah*, 15 (K.: Nauk. dumka, 1989).
10. Pirkova A. V. *Razmnozhenie midii Mytilus galloprovincialis Lam. i jelementy biotehnologii ejo kul'tivirovanija* : Dis. kand. biol. nauk, Sevastopol', 198, (1994).
11. Ignat'eva O. G. *Ocenka urovnja zagraznenija Sevastopol'skoj buhty, Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa*: Sb. nauch. tr., **26**, 2, 50 (2007).
12. Mironov O. G., Murav'jova I. P., Mironova T. O. *Neftjanoe zagraznenie u beregov Sevastopolja, Jekologicheskaja bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa*: Sb. nauch. tr., **26**, 1, 212 (2012).
13. Shurova N. M. *Strukturno-funktsional'naya organizatsiya populyatsii midii Mytilus galloprovincialis Chernogo morya*. Diss. kand. biol. nauk, Sevastopol, 398 (2009).
14. Kazankova I. I. *Formirovanie poselenij Mytilus galloprovincialis Lam. na iskusstvennyh substratah u juznyh i jugo-zapadnyh beregov Kryma* : Avtoref. diss.. na soiskanie uchjonoj stepeni kand. biol. nauk., Sevastopol', 24 (2006).
15. Cheljadina N. S. *Morfologicheskie, biohimicheskie i himicheskie harakteristiki midii Mytilus galloprovincialis Lam., kul'tiviruemoj v Chjornom more* : Diss. kand. biol. nauk, Sevastopol', 144 (2014).
16. Bulatov K. V., Zvezdina T. V. *Razlichija v prikrepleni k substratu midij raznyh genotipov, Citologija i genetika*, **21**, 1, 71 (1987).
17. Kudinskij O. Ju., Martynova N. V., Stoletova T. V. *Polovoe sozrevanie midij v sovremennyh uslovijah severo-zapadnoj chasti Chjornogo morja*, *Biologicheskie osnovy akvakul'tury v morjah evropejskoj chasti SSSR*, 180 (M.: Nauka, 1985).
18. Karavanceva N. V. *Polovaja struktura midij Mytilus galloprovincialis (Lam.), obitajushhih u beregov Kryma, Jekologija morja*, **77**, 57 (2009).
19. Yoichi Yusa, Sophie Breton, Walter R. Hoeh. *Population Genetics of Sex Determination in Mytilus Mussels: Reanalyses and a Model*, *Journal of Heredity*, **104**, 3, 380 (2013).
20. Le J. S. *Sex and Sex Reversal of Bivalves*, *The Korean Journal of Malacology*, **31**, 4, 315 (2015).
21. Saavedra C., Reyero M. I., Zouros E. *Male-dependent doubly uniparental inheritance of mitochondrial DNA and female-dependent sex-ratio in the mussel Mytilus galloprovincialis*, *Genetics*, **145**, 1073 (1997).
22. Dehta V. A. *Konservativnaja izmenchivost' v monitoringe i ocnke sostojanija morskij jekosistem na primere midii Mytilus galloprovincialis Lam. «Problemy ustojchivogo funkcionirovanija vodnyh i nazemnyh jekosistem»*, sbornik nauchnyh trudov, 9-12.10, 2006, 102 (Rostov-na-Donu, 2006).
23. Lomakin P. D., Popov M. A. *Okeanologicheskaja harakteristika i ocenka zagraznenija vod Balaklavskoj buhty*, 2018 (Sevastopol': JeKOSI-Gidrofizika, 2013).
24. Varigin A. Ju. *Rost midii Mytilus galloprovincialis Lam. v donnyh poselenijah severo-zapadnoj chasti Chjornogo morja* : Avtoref. diss. kand. biol. nauk, Sevastopol, 22 (2006).