



УДК 594.124:591.1(262.5)

**ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ И ПОЛОВАЯ СТРУКТУРА ПОСЕЛЕНИЯ МИДИИ
MYTILUS GALLOPROVINCIALIS LAM.,
КУЛЬТИВИРУЕМОЙ НА ВНЕШНЕМ РЕЙДЕ Г. СЕВАСТОПОЛЯ
(КРЫМ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)**

© 2018 г. Н. С. Челядина

Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

E-mail: chelydina2007@mail.ru

Поступила в редакцию 21.12.2017; после доработки 20.04.2018;
принята к публикации 09.08.2018; опубликована онлайн 28.09.2018.

Морфофизиологические исследования гидробионтов и, в частности, мидий, культивируемых в марихозяйствах, становятся актуальными для современной гидробиологии. Изучение фенотипической структуры поселений мидий в Чёрном море — важный аспект мониторинга состояния популяции моллюска в изменяющихся условиях среды. Сведения о закономерностях реализации пола в определённых условиях могут быть основой активного управления формированием поселений при культивировании мидий. Не менее важно наличие актуальных данных о закономерностях полового созревания моллюсков, стадиях развития гонад и вымете половых продуктов. Целью работы была оценка фенотипической и половой структуры поселений моллюсков, а также стадии зрелости гонад мидий *Mytilus galloprovincialis*, культивируемых на мидийно-устричной ферме. Моллюсков с размером раковины от 4,9 до 5,4 мм отбирали ежемесячно с марта 2015 г. по август 2016 г. на мидийно-устричной ферме, расположенной на внешнем рейде г. Севастополя. Окраску раковины, пол и стадию зрелости гонад определяли у мидий по стандартным методикам. По итогам исследования частоты встречаемости цветовых морф моллюсков на мидийно-устричной ферме отмечен больший процент особей с чёрной окраской раковины, чем с коричневой. В среднем за изученный период соотношение данных фенотипов составило 1,8 : 1. При анализе половой структуры *M. galloprovincialis* отмечено, что количество самцов преобладало над количеством самок (в среднем — 2,8 : 1 (♂ : ♀)). Доля гермафродитов — 1–6%. Соотношение полов (♂ : ♀) каждый месяц отличалось. В марте 2015 г. оно составляло 1,7 : 1. К августу 2015 г., по мере роста моллюсков на коллекторе, наблюдалась максимальная доля самцов (8 : 1). После прореживания мидий на коллекторе соотношение полов стабилизировалось к октябрю 2015 г. и сохранялось на уровне 2 : 1 до марта 2016 г. В дальнейшем оседание молоди и возрастание массы *M. galloprovincialis* на коллекторе вновь привели к максимальному сдвигу половой структуры (до 7,5 : 1) к маю 2016 г. Одни из возможных причин увеличения доли самцов на мидийно-устричной ферме — высокая плотность моллюсков в друзе и сопутствующие этому процессу гипоксия и слабая доступность корма. В результате анализа степени зрелости гонад культивируемых мидий выделено два пика нереста — весенний (март — апрель) и осенний, растянутый во времени (с октября до начала декабря). Массовое размножение моллюсков происходило весной (при прогреве поверхностного слоя воды до 9–12 °С) и осенью (со снижением температуры воды до 18 °С), однако отдельные особи в нерестовом состоянии встречались летом и зимой. Отмечена асинхронность созревания гонад *M. galloprovincialis* обоих полов. Самцы имели большую вариабельность по стадиям зрелости, чем самки. В различные месяцы количество стадий зрелости гонад варьировало. Сдвиг соотношения полов в сторону увеличения самцов, рост числа мидий с чёрной окраской раковины и асинхронность созревания гонад *M. galloprovincialis* на мидийно-устричной ферме можно рассматривать как физиологический отклик моллюсков на изменения окружающей среды.

Ключевые слова: Чёрное море, мидия *Mytilus galloprovincialis*, фен, пол, стадия зрелости гонад, мидийно-устричная ферма

Искусственное разведение мидии имеет многовековую историю, и в настоящее время наблюдается тенденция к увеличению объёмов культивирования этого моллюска. Мидия *Mytilus galloprovincialis* — один из наиболее массовых и широко распространённых объектов марикультуры в акватории Чёрного моря [13].

В последние десятилетия экосистема Чёрного моря испытывает антропогенный стресс. Это приводит к сокращению биоразнообразия и в конечном счёте — к уменьшению добычи гидробионтов [16, 19].

Морфофизиологические исследования гидробионтов и, в частности, мидий, культивируемых в марихозьях, становятся актуальными для современной гидробиологии. Изучение фенотипической структуры поселений мидий в Чёрном море — важный аспект мониторинга состояния популяции моллюска в изменяющихся условиях среды. Большое значение приобретает установление факта наследственной обусловленности полиморфизма окраски раковины: это подводит генетический фундамент под многочисленные популяционные исследования *M. galloprovincialis*, использующие признаки окраски раковины в качестве маркеров физиологических процессов [4, 14, 15]. Сведения о закономерностях формирования половой структуры группировок мидий в определённых условиях также могут быть основой активного управления формированием поселений при культивировании моллюсков. При выращивании мидий в марихозьях полициклического типа должно выполняться условие о наличии надёжного источника спата, которым является природная популяция моллюсков. Не менее важно оперировать актуальными данными о закономерностях полового созревания мидий, стадиях развития гонад и вымете половых продуктов.

Целью работы было выявление изменений фенотипической, половой структуры поселений моллюсков и стадий зрелости гонад *M. galloprovincialis*, культивируемых на мидийно-устричной ферме.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспериментальную часть работы проводили с марта 2015 г. по август 2016 г. на мидийно-устричной ферме, расположенной на внешнем рейде г. Севастополя (44°37'13,4"N, 33°30'13,6"E). Ежемесячно с глубины 6 м, с экспериментального верёвочного коллектора, выставленного в 2013 г., отбирали около 150 экз. мидий *M. galloprovincialis*. Измерения длины проводили при помощи штангенциркуля с точностью до 0,1 мм. Размер раковин составлял 4,9–5,4 мм. В выборке моллюсков определяли окраску раковины, пол и стадию зрелости гонад. Окраску раковин моллюсков устанавливали по методике, предложенной Драголи [3]: он среди разнообразных форм выделял мидий с чёрной (Ч) и коричневой (К) окраской. Для определения пола и стадии зрелости гонад применяли методику визуального изучения их мазков под бинокуляром МБИ-6 [10].

Для статистической обработки материала использовали пакет программ Microsoft Office Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При определении частоты встречаемости цветовых морф мидий отмечен большой процент моллюсков с чёрной окраской раковины за весь период исследований. На рис. 1 представлены усреднённые результаты анализа фенотипической структуры поселений культивируемых мидий за 18 месяцев.

По результатам наших исследований, соотношение мидий с чёрной окраской раковины к таковым с коричневой было 1,8 : 1. Различные адаптивные реакции моллюсков с чёрной и коричневой окраской, связанные с физиологическими процессами, обусловлены генетическими особенностями. Чёрные мидии численно доминируют на скалах, коричневые — на илистых грунтах. Особи чёрной морфы населяют преимущественно твёрдые субстраты в прибойной зоне морских акваторий [1, 12, 15].

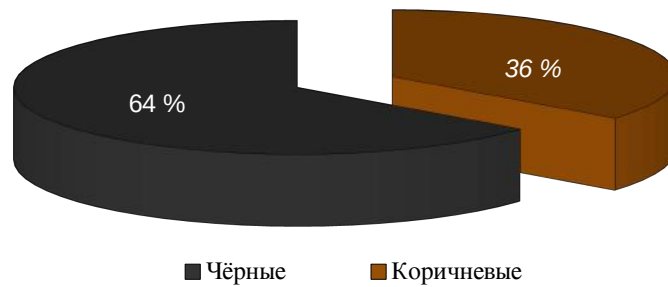


Рис. 1. Соотношение численности особей с разной окраской раковины у мидии *M. galloprovincialis* на обследованной мидийно-устричной ферме

Fig. 1. The shell color ratio of the mussel *M. galloprovincialis* cultivated on the studied mussel-oyster farm (dark segment – black shell (64 %); gray segment – brown shell (36 %))

Известно, что мидии оседают на коллекторы в соотношении фенотипов 1 : 1 (Ч : К) [6]. Ранее показано [14], 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 чёрной окраской раковины увеличивалось в акваториях с неблагоприятной экологической обстановкой, а соотношение раковин с различной окраской в б. Мартыновой достигало 3,7 : 1 (Ч : К). Известно, что моллюски с чёрной окраской раковины имеют более прочный биссусный аппарат, а мидии с коричневой окраской раковины более чувствительны к загрязнению воды [2]. По мере роста моллюсков, по-видимому, во время штормов на дно опадают мидии преимущественно с коричневой окраской раковины. В результате естественного отбора выживают особи, наиболее приспособленные к данному местообитанию. Изменение соотношения фенотипов можно рассматривать как характерный отклик мидийной популяции на влияние окружающей среды.

Исследования, проведённые нами в 2005–2007 гг. на мидийной ферме, выявили большее количество самцов в выборке вне зависимости от размера моллюска [14]. Результаты изучения половой структуры в выборке *M. galloprovincialis* на мидийно-устричной ферме в 2015–2016 гг. приведены на рис. 2.

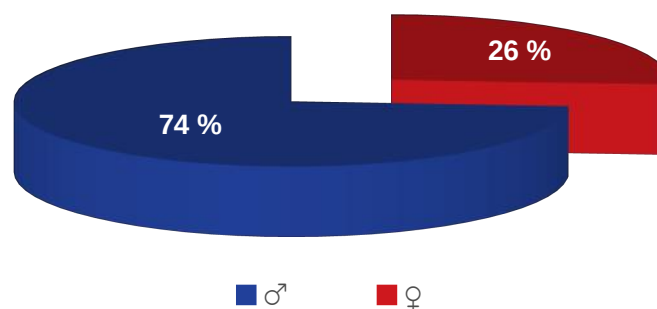


Рис. 2. Соотношение полов у мидии *M. galloprovincialis* на обследованной мидийно-устричной ферме (2015–2016)

Fig. 2. Ratio of sexes of the mussel *M. galloprovincialis* cultivated on the studied mussel-oyster farm (2015–2016)

Отмечено, что количество самцов преобладало над количеством самок. В среднем за 18 месяцев соотношение ♂ : ♀ составило 2,8 : 1. Доля гермафродитов — 1–6 %.

В табл. 1 представлены данные об изменении половой структуры поселения мидии за март 2015 г. — август 2016 г.

Таблица 1. Соотношение полов в выборке мидий, культивируемых на обследованной мидийно-устричной ферме ($n = 2325$)**Table 1.** Ratio of sexes in the sample of mussels cultivated on the studied mussel-oyster farm ($n = 2325$)

Месяц	♂	♀	Соотношение ♂ : ♀
2015 г.			
Март	110	67	1,7 : 1
Апрель	73	39	1,9 : 1
Май	73	35	2,1 : 1
Июнь	102	31	3,3 : 1
Июль	83	14	5,9 : 1
Август	73	6	8,1 : 1
Сентябрь	95	18	5,3 : 1
Октябрь	106	37	2,9 : 1
Ноябрь	98	50	2,0 : 1
Декабрь	88	46	1,9 : 1
2016 г.			
Январь	144	68	2,1 : 1
Февраль	120	67	1,7 : 1
Март	113	46	2,5 : 1
Апрель	109	26	4,2 : 1
Май	68	9	7,5 : 1
Июнь	93	25	3,7 : 1
Июль	44	13	3,4 : 1
Август	110	26	4,2 : 1

Соотношение полов (♂ : ♀) было различным каждый месяц. В марте 2015 г. оно составляло 1,7 : 1, а к августу 2015 г., по мере роста моллюсков на коллекторе, сдвиг в сторону преобладания самцов достиг 8 : 1. В этот период мидии образовывали плотные друзы, располагаясь на коллекторе в несколько слоёв, при этом нижние слои моллюсков находились в угнетённом состоянии [13]. После прорезживания мидий на коллекторе соотношение полов стабилизировалось к октябрю 2015 г. и сохранялось на уровне 2 : 1 до марта 2016 г. Последующее оседание молоди и возрастание массы мидий на коллекторе вновь привело к максимальному сдвигу половой структуры (до 7,5 : 1) к маю 2016 г. (см. табл. 1).

В большинстве случаев у берегов Чёрного моря описывают равное соотношение полов моллюсков при 1–3 % гермафродитов, независимо от сезона года [1, 5, 10]. В последние годы появились публикации с данными о сдвиге половой структуры поселений мидий в сторону преобладания как самцов, так и самок [7, 11, 14, 15]. Известно, что соотношение самцов и самок в популяции моллюсков зависит как от генетических механизмов формирования пола, так и от условий окружающей среды [20]. К экологическим факторам, влияющим на соотношение полов мидий, можно отнести неблагоприятные условия обитания: гипоксию, расположение в друзе, интенсивность водообмена и т. д. [10, 15]. Ранее мы отмечали [14], что половая структура выборки моллюсков зависела от их размера и местообитания. В акваториях с неблагоприятной экологической обстановкой увеличивалось количество самцов. Такая маскулинизация популяции моллюсков, происходящая под воздействием загрязняющих веществ, может быть следствием репрессии части половых генов [11].

Акватория размещения исследуемой мидийно-устричной фермы характеризуется сравнительно благоприятными гидролого-гидрохимическими условиями по сравнению с акваторией других районов размещения мидийных ферм [8]. Именно поэтому одними из возможных причин увеличения количества самцов на изучаемой мидийно-устричной ферме являются высокая плотность моллюсков в друзе и сопутствующие данному процессу гипоксия и слабая доступность корма.

Результаты исследования созревания гонад у *M. galloprovincialis* товарного размера на мидийно-устричной ферме представлены на рис. 3.

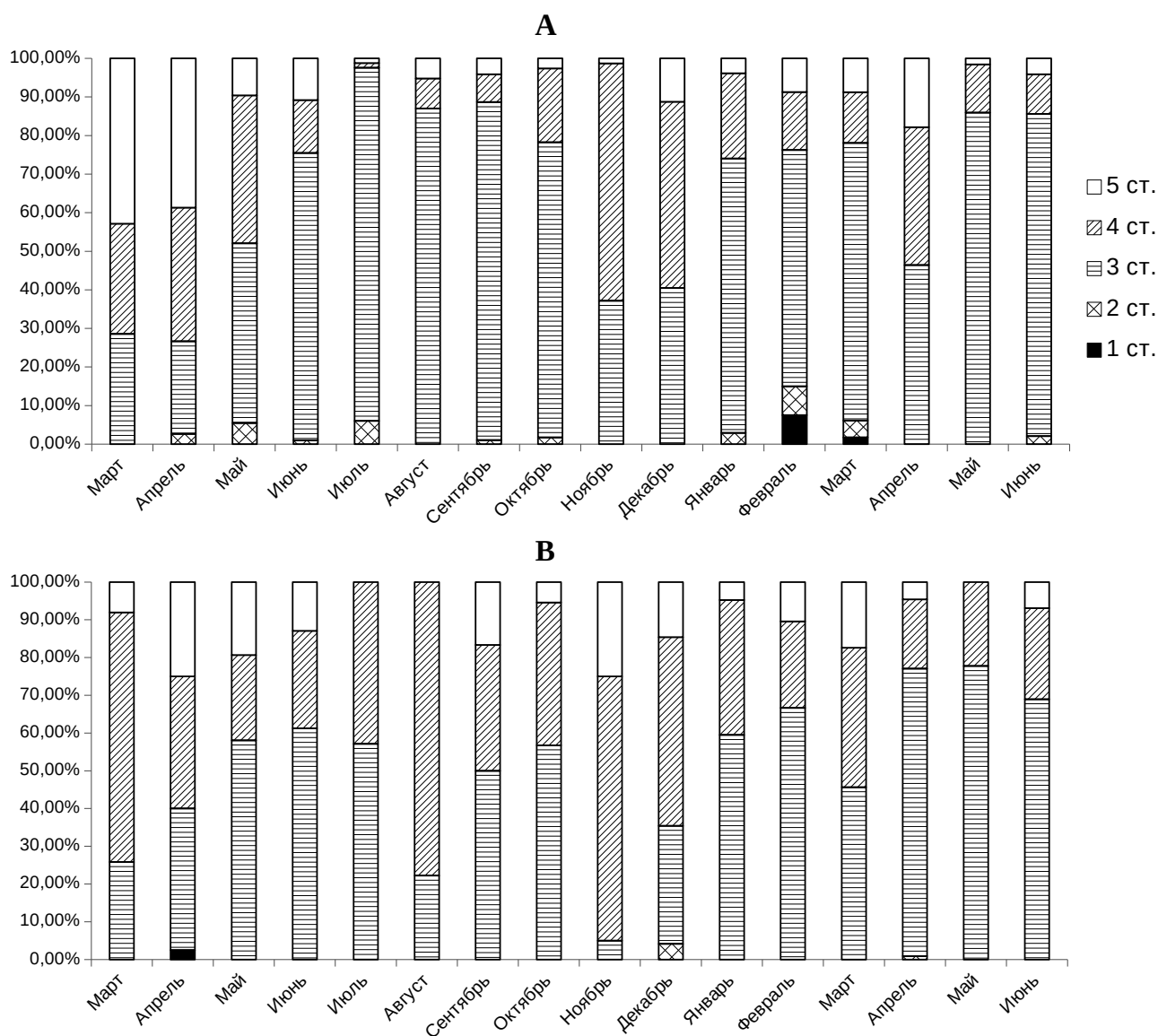


Рис. 3. Распределение стадий зрелости гонад у мидий, культивируемых на обследованной мидийно-устричной ферме (А — самцы; В — самки; $n = 2325$)

Fig. 3. Distribution of stages of gonads maturity in mussels cultivated on the studied mussel-oyster farm (A – males; B – females; $n = 2325$; 1–5 – maturity stages)

Доля мидий, проходящих ранние стадии гаметогенеза (1 — стадия относительного покоя, 2 — начало гаметогенеза), увеличивалась после массового нереста (5-я стадия) и достигала наибольших значений в мае, июне, январе и феврале. Самая продолжительная — стадия активного гаметогенеза (3-я стадия) — занимает значительную часть репродуктивного цикла моллюсков. Именно поэтому мидий на 3-й стадии можно встретить в любой сезон года (рис. 3). Проанализировав состояние гонад культивируемых моллюсков на мидийно-устричной ферме в течение 18 месяцев, можно выделить два пика нереста — весенний (март — апрель) и осенний, растянутый во времени (продолжался с октября до начала декабря). Массовое размножение мидий происходило весной при прогреве поверхностного слоя воды до 9–12 °С и осенью со снижением температуры воды до 18 °С. Между тем отдельные особи в нерестовом состоянии встречались в летний и зимний периоды (рис. 3).

У *M. galloprovincialis* отмечена асинхронность созревания гонад обоих полов за весь период исследований. Самцы находились на 2, 3, 4 и 5-й стадиях зрелости гонад, а самки — в основном на 3, 4 и 5-й, то есть самцы мидий быстрее переходили на последующие стадии, чем самки.

Аналогичная тенденция отмечена для *M. galloprovincialis* из Адриатического моря [17]. Более быстрое созревание самцов, по сравнению с таковым самок, связано, по-видимому, с физиологическими особенностями протекания овогенеза и сперматогенеза у моллюсков. Овогенез — более сложный процесс, требующий больших энергетических затрат, чем сперматогенез [9].

Параметр синхронности полового цикла мидий, как и количество половых стадий, одновременно отмечаемых в пробе, является чувствительным инструментом экологического мониторинга и позволяет на малообъёмных выборках статистически достоверно выявить влияние окружающей среды на физиологию моллюсков [18]. При её неблагоприятных условиях увеличивается количество мидий с чёрной окраской раковины, по численности доминируют самцы, возрастает количество стадий зрелости, одновременно отмеченных в выборке моллюсков.

Выводы:

1. На анализируемой мидийно-устричной ферме преобладали, независимо от сезона и года, мидии с чёрной окраской раковины. В среднем соотношение моллюсков с чёрной и коричневой окраской раковины составляло 1,8 : 1.
2. Самцы количественно преобладали над самками, соотношение $\sigma^7 : \text{♀}$ в среднем составило 2,8 : 1. Доля гермафродитов — 1–6 %.
3. У культивируемых мидий зафиксировано два пика нереста — весенний (март — апрель) и осенний, растянутый во времени (октябрь — начало декабря).
4. Отмечена асинхронность созревания гонад *M. galloprovincialis* обоих полов. Самцы имели большую вариабельность по стадиям зрелости, чем самки.
5. Сдвиг соотношения полов в сторону увеличения доли самцов, рост количества мидий с чёрной окраской раковины, асинхронность созревания гонад *M. galloprovincialis* на мидийно-устричной ферме можно рассматривать как эколого-физиологический отклик моллюсков на изменения окружающей среды.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» (№ гос. регистрации АААА-А18-118021350003-6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Биология культивируемых мидий. Киев : Наукова думка, 1989. 100 с. [*Biologiya kul'tiviruemykh midii*. Kiev: Naukova dumka, 1989. 100 p. (in Russ.)].
2. Булатов К. В., Звездина Т. В. Различия в прикреплении к субстрату мидий разных генотипов // *Цитология и генетика*. 1987. Т. 21, № 1. С. 71–74. [Bulatov K. V., Zvezdina T. V. Razlichiya v prikrepleniі k substratu midii raznykh genotipov. *Tsitologiya i genetika*, 1987, vol. 21, no. 1, pp. 71–74. (in Russ.)].
3. Драголи А. Л. К вопросу о взаимосвязи между вариациями черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) // *Распределение бентоса и биология донных животных в южных морях*. Киев : Наукова думка, 1966. С. 3–15. [Dragoli A. L. K voprosu o vzaimosvyazi mezhdru variatsiyami chernomorskoі midii (*Mytilus galloprovincialis* Lam.). In: *Raspredelenie bentosa i biologiya donnykh zhivotnykh v yuzhnykh moryakh*. Kiev: Naukova dumka, 1966, pp. 3–15. (in Russ.)].
4. Жуковская Е. А., Кодолова О. П. Взаимосвязь цветового полиморфизма и морфологических признаков у раковин черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. // *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка*. 2002. Вип. 10. С. 43–46. [Zhukovskaya E. A., Kodolova O. P. Vzaimosvyaz' tsvetovogo polimorfizma i morfologicheskikh priznakov u rakovin chernomorskoі midii *Mytilus galloprovincialis* Lam. *Visnik Zhitomirsk'oho*

- derzhavnoho universitetu imeni Ivana Franka, 2002, iss. 10, pp. 43–46. (in Russ.)].*
5. Иванович Г. В., Холодковская Е. В. Гетерогенность репродуктивного цикла мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. Одесского залива // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. 2009. № 20. С. 321–326. [Ivanovich G. V., Kholodkovskaya E. V. Geterogenost' reproductivnogo tsikla midii *Mytilus galloprovincialis* Lam. Odesskogo zaliva. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrzhnoi i shelfovoi zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa*, 2009, no. 20, pp. 321–326. (in Russ.)].
 6. Казанкова И. И. *Формирование поселений Mytilus galloprovincialis Lam. на искусственных субстратах у южных и юго-западных берегов Крыма* : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.17. Севастополь, 2006. 163 с. [Kazankova I. I. *Formirovanie poselenii Mytilus galloprovincialis Lam. na iskusstvennykh substratakh u yuzhnykh i yugo-zapadnykh beregov Kryma*. [dissertation]. Sevastopol, 2006, 163 pp. (in Russ.)].
 7. Караванцева Н. В. Половая структура мидий *Mytilus galloprovincialis* (Lam.), обитающих у берегов Крыма // *Экология моря*. 2009. Вып. 77. С. 57–61. [Karavantseva N. V. Sex structure of mussels *Mytilus galloprovincialis* (Lam.) near the Crimean coast. *Ekologiya morya*, 2009, iss. 77, pp. 57–61. (in Russ.)].
 8. Куфтаркова Е. А., Губанов В. И., Ковригина Н. П., Ерёмин И. Ю., Сеничева М. И. Экологическая оценка современного состояния вод в районе взаимодействия Севастопольской бухты с прилегающей частью моря // *Морской экологический журнал*. 2006. Т. 5, № 1. С. 72–91. [Kuftarkova E. A., Gubanov V. I., Kovrigina N. P., Eremin I. Yu., Senicheva M. I. Ecological assessment of modern state of waters in the region of interaction of the Sevastopol bay and part of the sea contiguous to it. *Morskoy ekologicheskij zhurnal*, 2006, vol. 5, no. 1, pp. 72–91. (in Russ.)].
 9. Масленникова Л. А. Сперматогенез двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* (Schrenck) // *Известия ТИНРО*. 2000. Т. 127, № 1–2. С. 453–460. [Maslennikova L. A. Spermatogenez dvustvorchatogo mollyuska *Anadara broughtoni* (Schrenck). *Izvestiya TINRO*, 2000, vol. 127, no. 1–2, pp. 453–460. (in Russ.)].
 10. Пиркова А. В. *Размножение мидии Mytilus galloprovincialis Lam. и элементы биотехнологии её культивирования* : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18. Севастополь, 1994. 198 с. [Pirkova A. V. *Razmnozhenie midii Mytilus galloprovincialis Lam. i elementy biotekhnologii ee kul'tivirovaniya*. [dissertation]. Sevastopol, 1994, 198 p. (in Russ.)].
 11. Пиркова А. В. Возрастно-половая структура культивируемых мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. в Чёрном море // *Современные проблемы популяционной экологии* : материалы IX Междунар. науч-практ. экол. конф., Белгород, 2–5 окт. 2006 г. Белгород, 2006. С. 155–156. [Pirkova A. V. Vozrastno-polovaya struktura kul'tiviruemykh midii *Mytilus galloprovincialis* Lam. v Chernom more. In: *Sovremennye problemy populyatsionnoi ekologii*: materialy IX Mezhdunar. nauch-prakt. ekol. konf., Belgorod, 2–5 Oct., 2006. Belgorod, 2006, pp. 155–156. (in Russ.)].
 12. Сереевский С. О. Фенетическая структура популяций брюхоногого моллюска *Littorina obtusata* в эстуарии реки Кереть (Белое море) // *Биология моря*. 1985. № 3. С. 44–53. [Seregeevskii S. O. Feneticheskaya struktura populyatsii bryukhonogogo mollyuska *Littorina obtusata* v estuarii reki Keret' (Beloe more). *Biologiya morya*, 1985, no. 3, pp. 44–53. (in Russ.)].
 13. Холодов В. И., Пиркова А. В., Ладыгина Л. В. *Выращивание мидий и устриц в Чёрном море*. Воронеж : Изд-во ООО «ИЗДАТ-ПРИНТ», 2017. 508 с. [Kholodov V. I., Pirkova A. V., Ladygina L. V. *Cultivation of mussels and oysters in the Black Sea*. Voronezh: Izd-vo ООО "IZDAT-PRINT", 2017, 508 p. (in Russ.)].
 14. Челядина Н. С. *Морфологические, биохимические и химические характеристики мидии Mytilus galloprovincialis Lam., культивируемой в Чёрном море* : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.10. Севастополь, 2014. 144 с. [Chelyadina N. S. *Morfologicheskie, biokhimicheskie i khimicheskie kharakteristiki midii Mytilus galloprovincialis Lam., kul'tiviruemoi v Chernom more*. [dissertation]. Sevastopol, 2014, 144 p. (in Russ.)].
 15. Шурова Н. М. *Структурно-функциональная организация популяции мидий Mytilus galloprovincialis Чёрного моря* : дис. ... докт. биол. наук : 03.00.17. Севастополь, 2009. 398 с. [Shurova N. M. *Strukturno-funktsional'naya organizatsiya populyatsii midii Mytilus galloprovincialis Chernogo morya*. [dissertation]. Sevastopol, 2009, 398 p. (in Russ.)].
 16. Bookbinder M. P., Dinerstein E., Rijal A., Cauley H., Rajouria A. Ecotourism's support

- of biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 1998, vol. 12, iss. 6, pp. 1399–1404. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1998.97229.x>.
17. Da Ros L., Bressan M., Marin M. G. Reproductive cycle of the mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lmk) in Venice Lagoon (North Adriatic). *Bolletino di Zoologia*, 1985, vol. 52, iss. 3–4, pp. 223–229. <https://doi.org/10.1080/11250008509440522>.
 18. Kholodkovskaya E. V., Kudinsky O. Yu. Index of synchronism of maturation of mussel gonads as an instrument of ecological monitoring // *Management and conservation of the northern-western Black Sea coast: proceedings of the EUCC international symposium*. Odessa, 1996, pp. 71–76.
 19. Kotlyakov V. M., Mandych A. F. Current trends and environmental issues of the Black Sea regional development. In: *Conservation of the biological diversity as a prerequisite for Sustainable development in the Black Sea region*. Netherlands: Kluwer Academic Publ., 1996, pp. 29–52. (Series Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop).
 20. Le J. S. Sex and sex reversal of bivalves. *The Korean Journal of Malacology*, 2015, vol. 31, no. 4, pp. 315–322.

**PHENOTYPIC AND SEXUAL STRUCTURE
OF *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM.,
CULTIVATED ON THE MUSSEL-OYSTER FARM
IN THE OUTER HARBOR OF SEVASTOPOL CITY (CRIMEA, BLACK SEA)**

N. S. Chelyadina

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: chelyadina2007@mail.ru

Morphophysiological studies of hydrobionts, and, in particular, mussels cultivated in marine farms, become important for modern hydrobiology. The study of the phenotypic structure of the mussel settlements in the Black Sea is an important aspect of monitoring the state of the mollusk population in changing environmental conditions. Information about patterns of sex realization under certain conditions can be the basis for active management of settlement formation in the cultivation of mollusks. Data about the regularities of sexual maturation of mussels, the stages of maturity of gonads and gametes spawning are also of importance. The aim of the work was to assess the phenotype and sex structure of the mussel populations as well as the stages of gonads maturity of the mussel *Mytilus galloprovincialis* cultivated on the mussel-oyster farm located in the outer harbor of Sevastopol. Mussels with the size of the shell from 4.9 to 5.4 mm were collected monthly from March 2015 to August 2016 on the studied mussel-oyster farm. Phenotype, sex and stages of gonad maturity were determined in mollusks by standard methods. When determining the frequency of occurrence of mussel phenotype on the mussel-oyster farm, a higher percentage of mollusks with black color shells (Bl) in comparison with those with brown color shells (Br) was observed, and on average for the studied period the shell phenotype ratio (Bl:Br) was 1.8:1 respectively. Data on the sexual structure of *M. galloprovincialis* on the studied mussel-oyster farm are presented. Average ♂:♀ ratio was 2.8:1, with the proportion of hermaphrodites reaching 1–6%. The sex ratio was different every month. In March 2015 it was 1.7:1 (♂:♀) and by August 2015, while mollusks growing on the mussel's collector, the share of males reached its maximum (8:1). After thinning the mussels on the collector, the sex ratio had stabilized by October 2015 and remained at the level of 2:1 until March 2016. The next subsidence of the young and increase of mussels mass on the collector had again led to a significant shift of the mussel sexual structure (7.5:1) by May 2016. One of the reasons of the increase in the number of males in the studied mussel-oyster farm is thought to be the high density of mussels in the druse resulting in local hypoxia and poor food accessibility. The analysis of the state of gonads maturity of cultivated mussels showed two peaks of spawning – spring (March, April) and a long autumn one (started in October and continued until early December). Mass reproduction of mussels was observed in the spring when the surface water layer warmed up to 9–12 °C and in the autumn with the decrease of water temperature to 18 °C. The asynchronous maturation of the gonads of *M. galloprovincialis* of both sexes was observed. Males had greater variability of maturity stages than females. The shift in the ratio of the sexes towards the increase of males share as well as the increase of the number of mussels with black color shell and also the asynchronous maturation of the gonads of *M. galloprovincialis* on the studied farm can be considered as the ecological and physiological response of mollusks to the environment changes.

Keywords: Black Sea, mussel *Mytilus galloprovincialis*, phene, sex, maturity stage of the gonads, mussel-oyster farm