

## ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ПОПОЛНЯЕМОСТЬ МИДИИ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM. В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА И СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ

И.И. Казанкова

Институт природно-технических систем, РФ, г. Севастополь, ул. Ленина, 28  
E-mail: ikazani@bk.ru

С помощью экспериментальных субстратов с ворсистой поверхностью в 2008–2014 гг. исследована потенциальная пополняемость мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. у открытых берегов южного и юго-западного Крыма и Севастопольской бухте. Выявлены различия между открытыми акваториями и полузакрытой бухтой по величине и сезонной динамике исследованного параметра. Показана значительная изменчивость среднегодовых значений потенциальной пополняемости моллюска.

**Ключевые слова:** оседание, субстрат, концентрация личинок, пространственно-временная изменчивость, Черное море.

Исследование пополнения черноморской популяции мидии *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 особями новых генераций в настоящее время имеет большую актуальность в связи с деградацией поселений моллюска в иловых и скальных биотопах. Прогнозируемое прекращение уменьшения численности поселений мидии, ее восстановление до уровня 80-х годов прошлого века, обоснованное в [1], предполагает увеличение значений пополняемости мидии. Экосистемные механизмы, обеспечивающие пополняемость поселений мидии молодыми особями, у берегов Крыма, имеют, в основном, вероятностный характер. Это связано с тем, что личинки моллюска в пелагиали распределены неравномерно и в прибрежной зоне в массовом количестве появляются спорадически, причем, на достаточно короткое время – несколько суток [2, 3]. После оседания на субстрат, последующего метаморфоза и роста личинки моллюска превращаются в бентосные особи – пост-личинки. Количество последних на экспериментальном субстрате, экспонируемом определенный период времени, составляет величину потенциальной пополняемости мидии, которая является результатом двух процессов: оседания личинок и элиминации сформировавшихся из них пост-личинок. Определение «потенциальная» подчеркивает, что пополняе-

мость определена с помощью экспериментального субстрата и может отличаться от таковой в естественных условиях. Потенциальную пополняемость можно считать характеристикой вод акватории, связанной с условиями, обеспечивающими приток планктонных личинок, их оседания на экспериментальный субстрат и выживаемости на нем пост-личинок. В англоязычной литературе для обозначения пополняемости поселений бентосных организмов используется термин recruitment, например, в [4].

Целью данной работы было исследование пространственной, сезонной и межгодовой изменчивости потенциальной пополняемости мидии у берегов южного и юго-западного Крым.

**Материал и методы.** Для определения потенциальной пополняемости мидии использовали субстраты с ворсистой поверхностью [5]. Исследование проводили в 2008–2014 гг. в открытых акваториях у Южного берега Крыма (ЮБК) – в б. Ласпи и Голубом заливе, а также в полузакрытой Севастопольской бухте. Схема районов исследования представлена на рис. 1. Для приглубых, неглубоко вдающихся в берег, акваторий ЮБК характерна тесная связь с открытым морем. Определено, например, что объем воды в б. Ласпи может полностью заместиться всего за шесть часов [6]. Полузакрытая эстуарного типа Севастопольская

бухта, вытянутая на 5 км с запада на восток, имеет относительно узкий выход и соответственно замедленный водообмен.

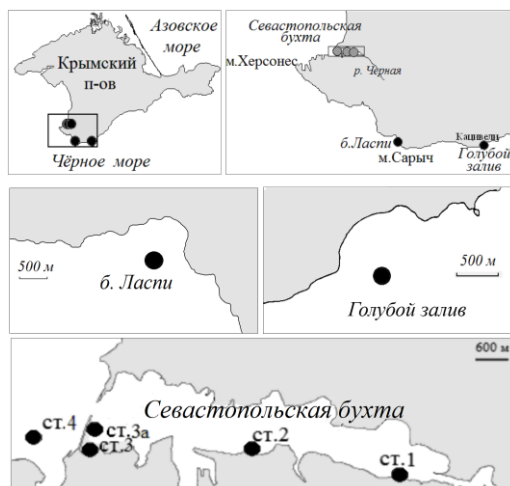


Рис. 1. Районы исследования

В б. Ласпи и Голубом заливе эксперименты проводили только на одной станции, глубина мест исследования составляла 18 и 25 м, соответственно. В б. Ласпи субстраты закреплялись на горизонтальных канатах мидийного хозяйства ООО «София-Крым», в Голубом заливе – на океанографической платформе Экспериментального отделения Мор-

ского гидрофизического института НАН Украины.

В Севастопольской бухте потенциальную пополняемость определяли на трех станциях, расположенных в ее вершинной (ст. 1), средней (ст. 2) и устьевой (ст. 3 и 3а) части, а также с внешней стороны мола, закрывающего вход в бухту (ст. 4). Глубина мест исследования на первых трех станциях составляла 3–5 м, на станциях 3а и 4 – 12 и 18 м, соответственно. С внешней стороны мола субстраты крепились к горизонтальным канатам мидийного хозяйства «Марикультура», на ст. 1–3а – к надводным частям береговых сооружений.

Субстраты на всех станциях выставлялись на горизонте глубины 3 м. Всего было проведено 157 экспозиций: 101 – в районе Севастопольской бухты и 56 – у ЮБК. Их распределение по годам представлено в таблице. Из-за штормов в зимне-весенний период 2013 г. в Голубом заливе субстраты были утеряны.

К анализу также были привлечены данные по концентрации личинок мидии на стадии оседания в слое 0–10 м, полученные в б. Ласпи в 1984 – 1992 гг. и в районе севастопольского взморья в 2000 – 2005 гг. Объем данных по концентрации личинок представлен в [7, 8].

Таблица. Распределение экспозиций субстратов по годам

Район	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
СБ, ст. №1	4	6	8	8	7	11	7
СБ, ст. №2	0	0	0	0	0	5	6
СБ, ст. №3, 3а	0	0	2	12	7	8	6
СБ, ст. №4	0	3	0	0	0	0	1
Всего	4	9	10	20	14	24	20
ЮБК, б. Ласпи	4	10	6	6	2	0	0
ЮБК, Голубой залив	0	2	6	5	6	5	4
Всего	4	12	12	11	8	5	4

Большая часть экспозиций (121 эксп., 77%) имела длительность около одного – двух месяцев (от 21 до 60 сут.). Остальные были более кратковременными (от 8 сут.) или более длительными (до 145 сут.).

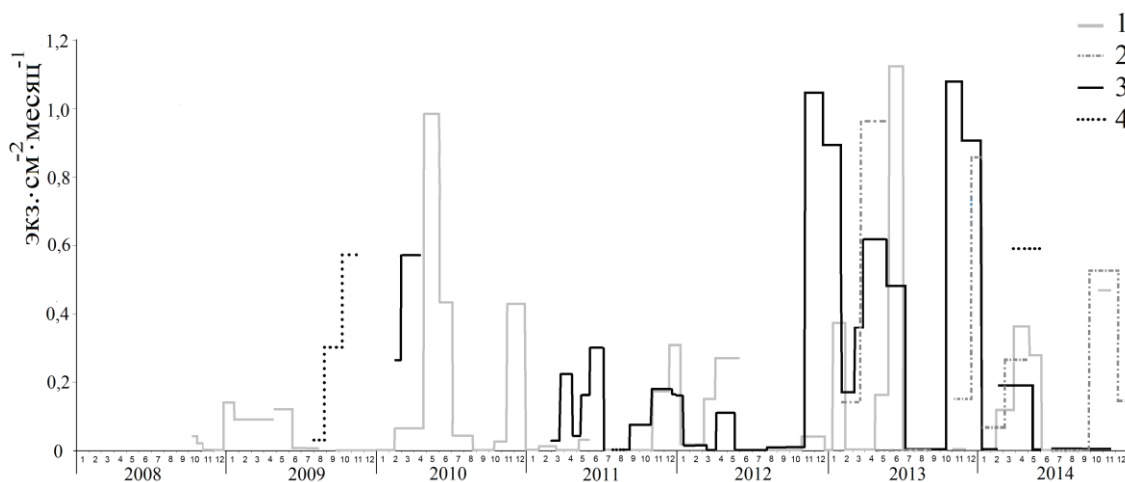
После экспериментов субстраты просматривались под бинокляром МБС-10 при увеличении в 16 раз. Количество

учтенных пост-личинок мидии пересчитывалось на единицу площади ( $\text{см}^2$ ) и в единицу времени (месяц). Величины пополняемости, полученные в кратковременных и длительных экспозициях, могли быть завышенными или заниженными в связи с возможным действием факторов, влияющих на выживаемость молоди на субстрате.

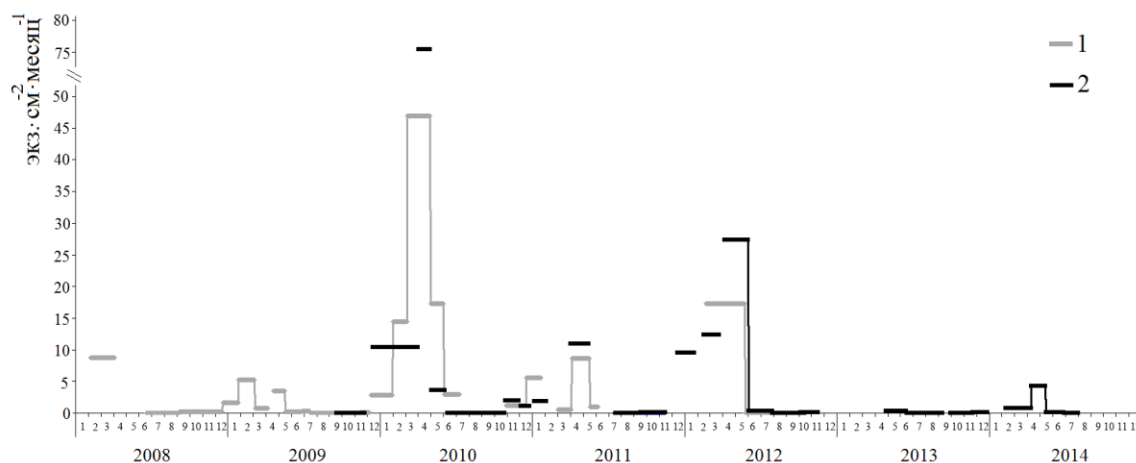
**Результаты.** *Пространственная изменчивость потенциальной популяемости мидии.* Все полученные значения потенциальной популяемости мидии представлены на рис. 2 и 3. Положение горизонтальных участков на графиках соответствует величине исследуемого параметра, их длина – длительности экспозиций субстратов. Вертикальные линии соединяют экспозиции, меж-

ду которыми не было временного промежутка.

В районе Севастопольской бухты потенциальная популяемость мидии изменялась в пределах от 0 до 1,12, у ЮБК – от 0 до 76 экз.:см<sup>-2</sup>:месяц<sup>-1</sup>. То есть, для полузакрытой бухты характерен на порядок более низкий уровень популяемости мидии, по сравнению с открытыми прибрежными акваториями ЮБК.



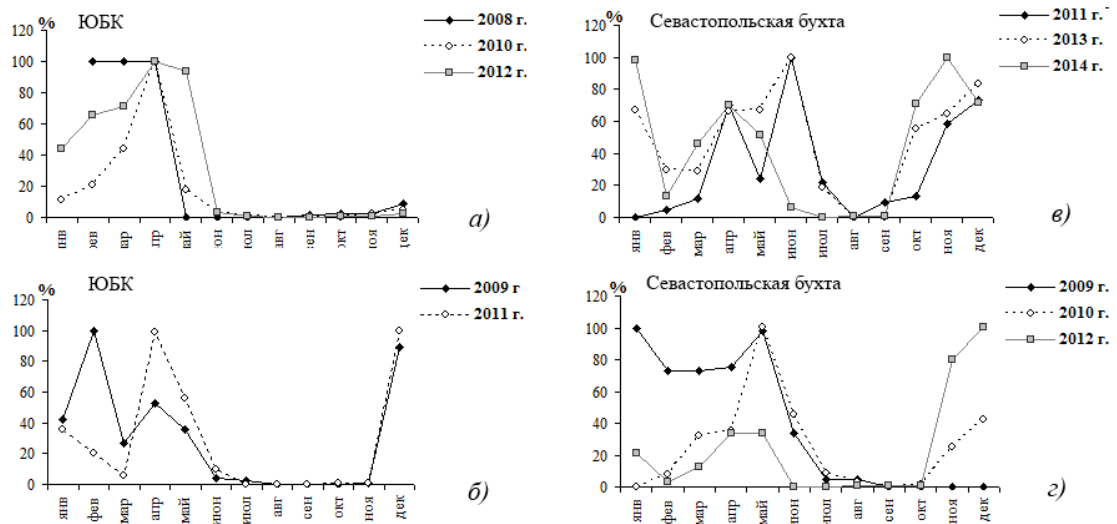
**Рис. 2.** Потенциальная популяемость мидии в районе Севастопольской бухты в 2008–2014 гг.  
1 – вершинная; 2 – средняя; 3 – устьевая часть бухты; 4 – внешний рейд бухты



**Рис. 3.** Потенциальная популяемость мидии у Южного берега Крыма в 2008–2014 гг.  
1 – б. Ласпи; 2 – Голубой залив

*Сезонная изменчивость потенциальной популяемости мидии.* Для определения различий внутригодового хода исследуемого параметра в различные годовые периоды все полученные среднемесячные величины, выраженные в экз.:см<sup>-2</sup>:месяц<sup>-1</sup>, были переведены в относительные. За 100% принималось максимальное за календарный год сред-

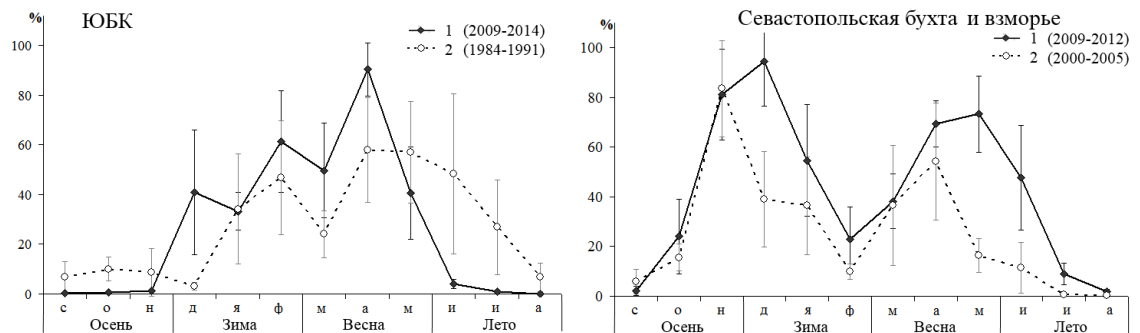
немесячное значение популяемости мидии (рис. 4). В исследованные годы в водах южнобережных акваторий пики популяемости мидии наблюдаются только в зимне-весенний период (рис. 4 а, б). В Севастопольской бухте в большинстве случаев осенне-зимний пик был выражен также хорошо как и весенний (рис. 4 в, г).



**Рис. 4.** Внутригодовой ход относительной потенциальной популяемости мидии в различные годовые периоды у ЮБК и в Севастопольской бухте. За 100% принималось максимальное среднемесячное значение популяемости в каждом из годовых периодов

На рис. 5 показан среднееголетний внутригодовой ход относительных значений популяемости мидии и концентрации её личинок в планктоне, начиная с сентября, когда после летнего периода репродуктивного покоя мидий

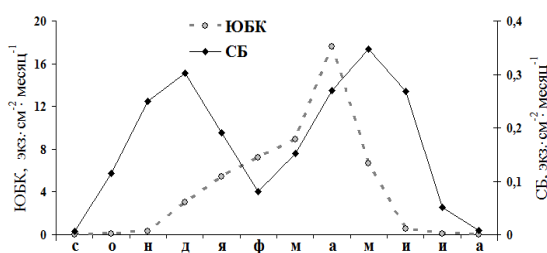
их личинки в планктоне практически отсутствуют. Несмотря на то, что данные по концентрации личинок и популяемости в каждом из исследованных районов были получены в разные годы, их внутригодовая динамика совпадает.



**Рис. 5.** Среднееголетний внутригодовой ход относительной потенциальной популяемости мидии (1) и концентрации её личинок на стадии оседания (2) в районе ЮБК и Севастопольской бухты. Доверительный интервал определен при  $\alpha = 0,2$

На рис. 6 отражен среднееголетний внутригодовой ход потенциальной популяемости в абсолютных значениях.

У ЮБК, как следует из рис. 5 и 6, появление пост-личинок на субстрате в относительно массовом количестве в среднееголетнем аспекте начинается в декабре, достигая своего пика в апреле ( $17 \text{ экз.} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{месяц}^{-1}$ ). К июню пополнение практически прекращается. В Севастопольской бухте начало оседания мидии приходится на октябрь, пик популяемости наблюдается в ноябре-декабре ( $0,2-0,30 \text{ экз.} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{месяц}^{-1}$ ). После относительного понижения параметра в феврале, его значения, начиная с марта, вновь повышаются, достигая пика в апреле-мае ( $0,27-0,35 \text{ экз.} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{месяц}^{-1}$ ). В

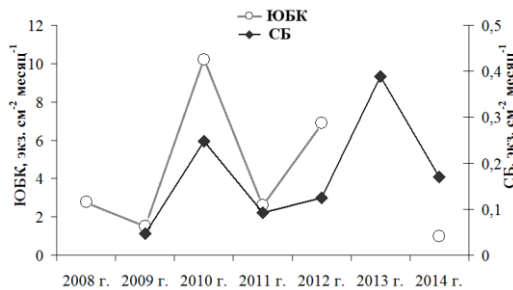


**Рис. 6.** Среднееголетний внутригодовой ход потенциальной популяемости мидии у ЮБК в 2008–2014 гг. и в Севастопольской бухте (СБ) в 2008–2014 гг.

июле-августе личинки в бухте практически не оседают.

Повышенные значения популяемости в Севастопольской бухте в осенне-зимний период более вероятны, чем в весенне-летний (см. рис. 5). Несмотря на отсутствие осеннего пика, по абсолютным значениям популяемость мидии у ЮБК в начале осени в несколько раз выше, чем в Севастопольской бухте (см. рис. 6).

*Межгодовая изменчивость популяемости мидии.* Изменение среднегодовых значений популяемости мидии в исследованных районах носит колебательный характер (рис. 7). Отношение максимального и минимального значения параметра в исследованный период составляло 8–10 раз.



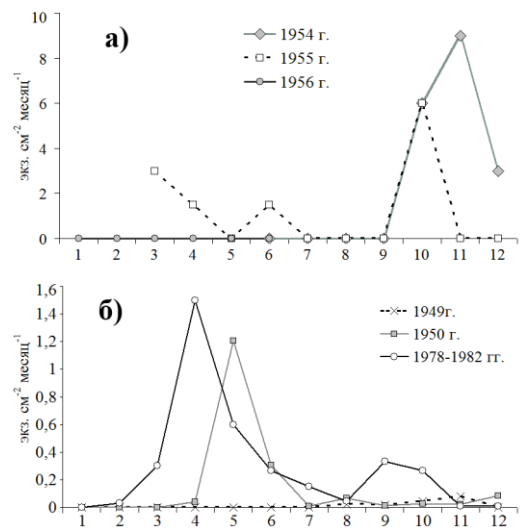
**Рис. 7.** Межгодовой ход среднегодовых величин потенциальной популяемости мидии у ЮБК и в Севастопольской бухте (СБ)

Отмечается сходство направлений изменений среднегодовых величин потенциальной популяемости у ЮБК и в Севастопольской бухте: понижение значений параметра наблюдалось в 2009, 2011 и 2014 гг., повышение — в 2010 и 2012 гг. Отсутствие данных за зимне-весенний период 2013 г. у ЮБК не позволяет сделать более достоверный вывод о синхронности изменений исследуемого параметра в Севастопольской бухте и акваториях ЮБК.

**Обсуждение.** *Пространственная изменчивость потенциальной популяемости мидии.* Повышенные значения популяемости мидии у ЮБК, по сравнению с Севастопольской бухтой, могут быть связаны с характерными для приглубых акваторий сгонными явлениями, в ходе которых холодные глубинные воды, где в зимне-весенний период могут скапливаться личинки мидии на стадии оседания, выносятся к поверхности в прибрежную зону. При наличии подходящего субстрата ли-

чинки здесь быстро оседают [2]. Другой причиной повышенных значений популяемости мидии у ЮБК может быть более высокие, по сравнению с полузакрытой бухтой, скорости течения воды [9, 10]. Известно, что активное движение воды стимулирует оседание молодых педивелигеров мидии на нитчатый субстрат [11]. Это происходит за счет «хватательного рефлекса» — личинка с помощью ноги захватывает нити субстрата [12].

Анализ оседания мидии на стеклянные пластинки в периоды высокой численности популяции черноморской мидии, а именно, в 1949–1950, 1978–1982 гг. в Севастопольской бухте [13, 14] и в 1954–1956 гг. у берегов Геленджика [15], также показал повышенную интенсивность оседания личинок мидии у открытых берегов, по сравнению с полузакрытой Севастопольской бухтой (рис. 8). Максимальное число мидий, осевших на стеклянные пластинки, в бухте и у открытых берегов Геленджика составило 1,5 и 9 экз.·см<sup>-2</sup>·месяц<sup>-1</sup>, соответственно.



**Рис. 8.** Динамика оседания личинок мидии на стеклянные пластинки в районе Геленджика (а) и в Севастопольской бухте (б) (по [13–15])

Низкие значения популяемости мидии, полученные в эти годовые периоды прошлого века, по сравнению с 2008–2014 гг., можно объяснить использованием в качестве экспериментального субстрата стеклянных пластинок, гладкая поверхность которых не столь привлекательна для осе-

дания личинок, как нитчатые структуры [16].

*Сезонная изменчивость потенциальной популяемости мидии.* Совпадение сезонной динамики среднемесячных значений потенциальной популяемости мидии и концентрации ее личинок на стадии оседания в каждом из районов исследования в разные многолетние периоды (см. рис. 5 и б), свидетельствует об устойчивых особенностях этих акваторий, связанных с условиями притока личинок из открытого моря. Отсутствие осеннего пика оседания мидий в Севастопольской бухте в годы, обозначенные на рис. 8, может быть объяснено неточностью метода, основанного на использовании стеклянных пластинок, на которые в первую очередь оседают зрелые педивелигеры мидии последней стадии задержки метаморфоза, характеризующиеся меньшей избирательностью к субстрату, по сравнению с молодыми педивелигерами [16].

Повышенные значения популяемости у ЮБК в зимне-весенний период может быть обусловлено тем, что в этот период в глубинных слоях воды концентрируются зрелые педивелигеры [2, 3, 17].

Отсутствие осеннего пика популяемости у ЮБК, возможно, связано с преобладанием в этом регионе западного переноса водных масс, обеспечивающего приток поверхностных вод из восточной части Черного моря, в которых концентрация личинок значительно ниже, чем в глубинных слоях в зимне-весенний период [2].

Меньшая выраженность зимне-весеннего пика популяемости в Севастопольской бухте, по сравнению с осенним, возможно, связана с замедленным водообменом акватории с открытым морем, слабой связью с его глубинными слоями и сезонными особенностями вертикального распределения личинок мидии в пелагиали. Установлено, что осенью педивелигеры моллюска в большей степени характерны для поверхностного слоя воды [7].

*Межгодовая изменчивость популяемости мидии.* Колебательный характер изменчивости популяемости мидии следует также из данных предыдущих исследований (см. рис. 7). В Судакском заливе в 1981–1986 гг. самый «урожайный» 1983 год, сменился самым «неурожайным» 1984 годом [18]. Для выявления причин таких изменений необходимы длинные ряды

данных и комплексные междисциплинарные исследования.

**Выводы.** 1. Потенциальная популяемость мидии в полузакрытой Севастопольской бухте, определенная с помощью экспериментальных субстратов с ворсистой поверхностью, во все сезоны массового оседания личинок на порядок ниже, чем в открытых прибрежных акваториях южного и юго-западного Крыма.

2. Для Севастопольской бухты характерно массовое пополнение мидии в осенне-зимний и весенне-летний периоды, причем преобладание осеннего пика более вероятно, чем весеннего. У ЮБК массовое пополнение оседание мидии наблюдается в декабре-мае с наиболее вероятным пиком в апреле.

3. Межгодовые изменения среднегодовых величин потенциальной популяемости мидии носят колебательный характер, амплитуда изменений параметра составляет 8–10 раз.

4. Причины выявленных особенностей пространственной и сезонной изменчивости популяемости мидии связаны, вероятнее всего, с особенностями гидродинамики районов, влияющих на приток личинок из открытого моря, с условиями, обеспечивающими процесс оседания личинок на экспериментальный субстрат и выживаемости на нем пост-личинок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бондарев И.П.* Динамика руководящих видов современных фаций Черного моря // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2013. № 3. С. 78–93.

2. *Казанкова И.И.* Особенности динамики оседания мидии и митилястера в связи со сгонно-нагонными явлениями у юго-западных берегов Крыма (Черное море) // Экология моря. 2000. Вып. 51. С. 35–39.

3. *Казанкова И.И., Щуров С.В.* Сезонная и годовая скорость оседания мидии, митилястера и анадары в прибрежных водах юго-западного Крыма // Системы контроля окружающей среды. Средства и мониторинг: сб. науч. тр. МГИ НАН Украины. Севастополь. 2009. С. 398–400.

4. *Smith J.R., Fong P., Ambrose R.F.* Spatial patterns in recruitment and growth of

the mussel *Mytilus californianus* (Conrad) in southern and northern California, USA, two regions with differing oceanographic conditions // Journal of Sea Research. 2009. 61 (3). P. 165–173.

5. Патент 96366 С2 UA, МПК А01К 61/00 Спосіб вивчення поповнення поселень мідій, мітілястера і анадари в прибережній зоні Чорного моря / Казанкова І.І. (UA), Щуров С.В. (UA); заявник Інститут біології південних морів ім. О.О. Ковалевського НАН України (UA). № а201005467; заявлення 05.05.2010; опубл. 25.10.2011. Бюл. № 20, 2011.

6. Ациховская Ж.М., Чекменева Н.И. Оценка динамической активности вод района бухты Ласпи (Черное море) // Экология моря. 2002. Вып. 59. С. 5–8.

7. Казанкова И.И. Формирование поселений *Mytilus galloprovincialis* Lam. на искусственных субстратах в прибрежных водах южного и юго-западного Крыма: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Севастополь, 2006. 24 с.

8. Kazankova I.I. Peculiarities of seasonal dynamics of *Mytilus galloprovincialis* larvae numbers in the coastal zone of the Crimea (based on long term data)/Hydrobiological Journal. 2014. Т. 50. № 3. С. 13–20.

9. Кузнецов А.С., Иванов В.А., Зима В.В. Особенности динамики течений у южного берега Крыма и перспективы использования информационной технологии полигонных исследований // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь. 2014. вып. 28. С. 42–50.

10. Течения в Севастопольской бухте по данным АСДР-наблюдений, ноябрь 2014 г. / Е.М. Лемешко, А.Н. Морозов,

С.А. Шутов [и др.] // Морской гидрофизический журнал. 2014. № 28. С. 25–30.

11. Eyster L.S., Pechenik J.A. Attachment of *Mytilus edulis* L. larvae on algal and byssal filaments is enhanced by water agitation // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1987. Vol. 114, № 2/3. P. 99–110.

12. Казанкова И.И. Поведенческие реакции оседающих педивелигеров *Mytilus galloprovincialis* Lam. при различных режимах движения воды // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ИПТС. 2016. Вып. 3 (23). С. 119–124.

13. Долгопольская М.А. Экспериментальное изучение процесса обрастания в море // Тр. Севастоп. биол. станции. 1960. Т. 8. С. 157–173.

14. Брайко В.Д. Обрастание в Черном море. Киев: Наукова думка. 1985. 123 с.

15. Никитин В.Н., Турнаева Е.П. Процессы обрастания в Черном море. Оседание личинок в районе Геленджика // Докл. АН СССР. 1958. 121. № 2. С. 172–174.

16. Bayne B. L. Growth and the delay of metamorphosis of larvae of *Mytilus edulis* (L.) // Ophelia. 1965. 2, № 1. P. 1–47.

17. Казанкова И.И., Немировский М.С. Пространственно-временная динамика численности личинок *Bivalvia* в весенний период и её связь с гидрофизическими особенностями района (внешний рейд Севастополя, Черное море) // Морской экологический журнал. 2003. Т. 2, № 3. С. 94–101.

18. Переладов М.В. Распределение в планктоне, сезонная динамика численности и оседание мидии в Судакском заливе Черного моря // Биология и культивирование моллюсков. М.: ВНИРО. 1987. С. 99–108.

## POTENTIAL RECRUITMENT OF MUSSEL *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM. IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN COAST OF THE CRIMEA AND THE SEVASTOPOL BAY

I.I. Kazankova

Institute of Natural and Technical Systems, Russian Federation, Sevastopol, Lenin St., 28

By means of experimental substrata with a fleecy surface in 2008–2014 the potential recruitment of mussel of *Mytilus galloprovincialis* Lam. is investigated at open coast of the southern and southwest Crimea and the Sevastopol bay. Differences between open water areas and a half-closed bay on the level and seasonal dynamics of the studied parameter are revealed. The considerable variability of average annual values of potential recruitment of mollusk is shown.

**Keywords:** settlement, substrata, spatial-temporary variability, concentration of larvae, the Black Sea.