

«Экологическая емкость» коллекторов разного типа для сбора спата мидии *Mytilus Galloprovincialis* в Черном море

Поступила 04.12.2020 г. / Принята к публикации 05.04.2020 г.

© Вялова Оксана Юрьевна 

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», г. Севастополь, Россия

Аннотация. Основным объектом марикультуры в Черном море является средиземноморская мидия *Mytilus galloprovincialis*. Сбор молоди мидии осуществляется непосредственно в море в весенний и осенний сезоны. В условиях нестабильной численности личинок в природных популяциях, важнейшим элементом биотехнологии культивирования этого вида является тщательный подбор искусственных субстратов (коллекторов), обеспечивающих максимальное оседание и выживаемость моллюсков на стадии педивелигеров. В данной работе впервые представлены результаты использования коллекторов 3-х типов для сбора спата мидии, на основании которых даны практические рекомендации морским фермерам. Работы проводились на морской ферме, расположенной в лимане Донузлав (юго-западное побережье Крыма). Была показана высокая эффективность использования трехмерных коллекторов со структурной сложностью для получения промышленных объемов личинки мидий *Mytilus galloprovincialis* для целей марикультуры. С помощью коллекторов типов «Супер ворсистый» и «Плетенный с двойными петлями» были достигнуты самые высокие показатели оседания молоди мидий, отмеченные в Черном море. Плотность прикрепленных личинок в среднем составила 11000...14000 экз./м, что намного превышает показатели, сообщаемых ранее для этого региона. На данных коллекторах было обнаружено массовое вторичное оседание личинок мидий, что свидетельствует о том, что структура и состав коллекторов соответствуют своему назначению, являются безопасными для морских организмов-обрастателей и отвечают экологическим требованиям.

Ключевые слова. Мидия, *Mytilus galloprovincialis*, марикультура, Черное море.

«Ecological capacity» of different types of collectors for getting mussel spat of *Mytilus Galloprovincialis* in the Black sea

Received on December 04, 2020 / Accepted on April 05, 2020

© Vyalova Oksana Yuryevna 

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia

Abstract. The main object of mariculture in the Black Sea is the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*. The collection of young mussel is carried out directly at sea in the spring and autumn season. With an unstable number of larvae in natural populations, the most important part in the biotechnology of cultivation of this species is the careful choice of artificial substrates (collectors) that provide maximum settlement and survival of bivalve at the pediveliger stage. This article presents for the first time the results of the using of 3 types of collectors for getting mussel spat, and practical recommendations are given to marine farmers. The work was carried out at a marine farm located in the liman Donuzlav (south-west coast of Crimea). The high efficiency of using three-dimensional collectors with structural complexity to obtain industrial volumes of *Mytilus galloprovincialis* mussel larvae for mariculture was shown. The highest settlement rates of juvenile mussels recorded in the Black sea were achieved with collectors of the «Super Hairy» and «Plaited and curled with double hair» types. The density of attached larvae averaged 11000...14000 ind./m, which is much higher than the data reported earlier for this region. Massive secondary sedimentation of mussel larvae was detected on these collectors, which indicates that the structure and composition of these collectors are appropriate for their purpose, safe for marine fouling organisms, and corresponds to environmental requirements.

Keywords. Mussels, *Mytilus galloprovincialis*, mariculture, Black sea.

Введение. Выращивание мидий в прибрежной зоне Черного моря интенсивно развивается на протяжении последних нескольких лет. Основным объектом выращивания является средиземноморская

мидия *Mytilus galloprovincialis*, которая является широко распространенным видом Азово-Черноморского бассейна. Эффективность работы мидийных ферм зависит от нескольких факторов, основными из кото-

рых являются технологические и природные. Технологии выращивания предусматривают сбор личинок (спата) мидии дважды в год на коллектора, и дальнейшее выращивание до товарного размера в течение 1,5–2 лет на этих же самых коллекторах [1, 2]. Этот способ называется полунтенсивным и имеет ряд недостатков: высокие потери мидий (осыпание), их неравномерный рост, повторное оседание личинки на уже сформированные друзы взрослых моллюсков, невозможность контроля плотности моллюсков и т. д. Мировая мариккультура мидий предлагает новые эффективные методы выращивания, основной принцип которых заключается в сборе максимального количества спата мидии на коллектора и пересадка его в специальные сетные рукава для промышленного выращивания. Это позволяет осуществлять подсчет количества собранной молодежи, контролировать ее состояние, плотность друзы, скорость роста и, главное, прогнозировать урожайность ферм. Благодаря использованию сетных рукавов, удается значительно снизить потери выращиваемых моллюсков, предотвратить опадание их во время штормов и обеспечить защиту от хищников.

Под оседанием подразумевается этап в онтогенезе, в ходе которого особь (личинка или постличинка) переходит из толщи воды на субстрат и закрепляется на нем. Оседать личинки двустворчатых моллюсков могут только на стадии педивелигера – в это время у них формируется нога, выполняющая важную роль при выборе субстрата. Среди биотических факторов, влияющих на оседание молодежи, можно выделить несколько: сезонность и интенсивность нереста естественных популяций, выживаемость и физиологические особенности личинок на различных стадиях онтогенеза, обеспеченность кормовой базой. Количество осевшего мидийного спата также зависит от гидрологических и гидрофизических факторов, таких как открытость или закрытость акваторий, рельеф берега и дна, сила и направление преобладающих ветров и течений. Динамика этих параметров приводит к мелкомасштабным неоднородностям среды, турбулентности, появлению градиентов температуры и солености, освещения, то есть возникновению нестабильности физико-химических условий, которые оказывают влияние на сроки и интенсивность оседания спата [3, 4].

Педивелигеры мидий обладают достаточно высокой избирательностью к субстрату [5–8]. Метаморфоз моллюсков может даже задерживаться на месяцы, пока не будет найден подходящий субстрат [9]. Разнообразие современных коллекторов представлено их формой и структурой (жесткие, мягкие), материалом изготовления (пластик, пенопласт, полимерные нити, жгутовые канаты, трапные рыболовные сети и др.), а также способом крепления на базовые линии (одиночные, непрерывные). Исследования некоторых авторов показали, что лучше всего личинки мидий оседают на нитчатые структуры естественного или искусственного происхождения, это могут быть, например, колонии гидроидов, распушенные канаты, бактериально-водорослевое обрастание, и даже биссусные нити других моллюсков [5, 6, 10, 11]. В условиях нестабильной численности личинок *M. galloprovincialis* в природных популяциях, важнейшим элементом биотехнологии культивирования мидии является тщательный подбор искусственных субстратов (коллекторов), обеспечивающих максимальное оседание и выживаемость педивелигеров мидии [4, 12–15]. Сбор личинки черноморской мидии осуществляется непосредственно в море, этот процесс может происходить в очень короткие сроки в весенний и осенний сезоны [1], поэтому его результат будет напрямую зависеть от эффективности используемых коллекторов. В настоящее время черноморские фермеры закупают промышленные коллекторы, обладающие разнообразными характеристиками и отвечающие требованиям экологической безопасности. Наиболее известным европейским производителем оборудования для мидийных ферм является компания Intermas Group (Испания). В данной работе впервые представлены результаты использования испанских коллекторов 3-х типов для сбора спата мидии *M. galloprovincialis* в условиях Черного моря, на основании которых даны практические рекомендации морским фермерам.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на мидийной ферме в лимане Донузлав (пос. Новоозерное, Республика Крым) (рис. 1). Для сбора спата мидии использовали мягкие коллекторы, выпускаемые компанией Intermas Group (Испания). Данные изделия сочетают хлопковые и синтетические нити, имеют высокую устойчивость к

ультрафиолетовому излучению и износостойкость, являются погружаемыми.

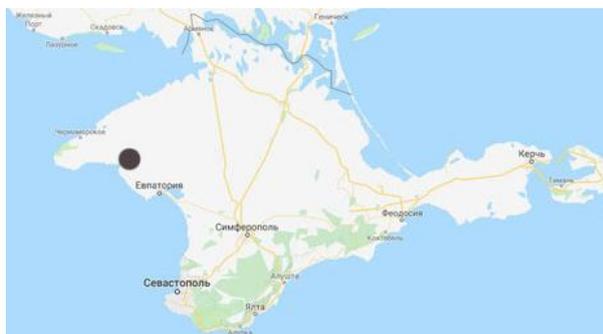


Рис. 1. Район мидийной фермы (лиман Донузлав, пос. Новоозерное, Крым)

Для работы были выбраны коллектора 3-х видов, отличающиеся структурой и основными характеристиками. Коллектора были предварительно подготовлены, согласно [1] и выставлены в море в апреле 2016 года. Они размеща-

лись в виде полупетли на подповерхностных линиях фермы, длина каждого коллектора составляла 6...7 м, глубина погружения крайней нижней точки петли 3...4 м. Через 2 месяца коллекторы были подняты и обследованы в 5-ти повторностях каждый вид. Оседание молды мидии было оценено прямым подсчетом экземпляров с 1м каждого коллектора.

Результаты исследований и их обсуждение. Перед использованием все виды коллекторов были измерены и описаны, определены их структурные особенности и относительная площадь 1 погонного метра. Так, максимальную поверхность имел коллектор № 2 за счет большого количества хлопковых и синтетических ворсинок, которые образовывали густое покрытие (табл.). На коллекторе № 3 петли сделаны из более плотного и жесткого синтетического материала, чем в изделии № 2.

Характеристики разных типов коллекторов и оседание спата мидии *Mytilus galloprovincialis*

Типы	Наименование	Структура коллектора	Внешний вид	Площадь поверхности 1 м коллектора, м ²	Количество спата на 1 погонный м коллектора, экз./м, $m \pm SD$
11 тип	Plaited Hairy/ Заплетенный ворсистый	Диаметр 3 см, длина ворса <0,3 см		0,095	1 365 ± 42
12 тип	Super hairy/ Супер Ворсистый	Диаметр 8...9 см, длина нитей 2,5...3 см, 24 000 нитей на м		1,44	13 800 ± 314
33 тип	Plaited and curled with double hair/ Плетенный и свитый с двойными петлями	Диаметр основы 3,5 см, петля 4,5...5см, 620 петель на м		0,25	11 757 ± 240

Известно, что с увеличением площади поверхности коллектора увеличивается возможность «захвата» большего числа личинок мидий, находящихся в зоопланктоне [2, 5, 10]. Коллекторы с большей структурной сложностью обеспечивают более интенсивный сбор и

прикрепление личинок, снижая их потери при дальнейшем выращивании, гораздо эффективнее, чем гладкий коллектор. Обследование 3 типов коллекторов показало, что максимальная численность спата *M. galloprovincialis* была на коллекторах сложного плетения №2

(≈ 14 тысяч экз./м) и №3 (≈ 12 тысяч экз./м) (табл.). Наряду с нашим исследованием, в лабораторных условиях самая высокая численность личинок мидий *M. edulis* была обнаружена на длинно-петлевых канатных коллекторах, минимальная – на гладких [16]. Сложные трехмерные коллекторы увеличивают количество точек прикрепления биссусной нити, обеспечивая более высокую степень удержания личинок [5, 10].

Несмотря на богатство научной информации о специфической избирательности личинок, механизм этого процесса до конца не изучен. Существуют несколько предположений, которые взаимосвязаны: 1) личинки мидий предпочитают филаментные структуры для первичного расселения (активный выбор); 2) личинки пассивно «захватываются» чрезвычайно сложными структурными элементами коллекторов за счет увеличения площади поверхности (пассивный результат); и 3) сочетание двух предыдущих. Большинство исследователей склоняются к реальности последнего предположения. Так, педивелигеры, с одной стороны, пассивно улавливаются структурами сложных субстратов, но при этом личинки сами проявляют избирательность и предпочитают волокнистые субстраты, на которых удобно крепится и потенциально больше необходимой для их жизни биопленки [5, 6, 10, 11].

Механизм избирательной активности педивелигеров в отношении разных субстратов заключается в двигательной реакции на движение воды – вытягивание ноги, с помощью которой в потоке воды захватываются нити субстрата [4]. «Хватательное» движение молодого педивелигера не эффективно по отношению к гладкой поверхности. Возможность осесть на нитчатый или ворсистый субстрат при активизации движения воды и открепиться от нитей в неподвижной среде позволяет мидиям выбирать биотопы для дальнейшего развития, в которых обеспечивается достаточный приток жизненно необходимых ресурсов [4, 17, 18].

Как правило, личинки поздних педивелигеров образуют очень липкую слизистую нить, которую они используют в качестве «паруса», облегчающей рассредоточение и последующее прикрепление к субстрату [19]. Эти слизистые

нити химически, структурно и функционально отличаются от биссусных нитей. В инкубационных культурах личинок мидий наблюдаются своеобразные «воронки». Это явление, при котором у плавающих личинок слизистые нити производят вращательные движения и создают впечатление мини-торнадо [18]. Это «воронкообразное» поведение является признаком готовности к оседанию наряду с появлением «глазка» и усилением активности ноги. Очевидно, что как раз сложные трехмерные волокнистые коллекторы с большой площадью поверхности выступают в роли «фильтра», улавливающего «парусных» личинок, что приводит к более высокой плотности оседания. Результаты исследований показали, что на искусственных коллекторах с более сложной структурой развиваются более устойчивые и жизнеспособные моллюски, по сравнению с простыми коллекторами [6, 10, 11].

Ранее было установлено, что химический состав коллекторов также играет важную роль в улавливании и прикреплении мидий [5, 10]. Так, полиэфирные волокна поглощают больше воды, чем полипропиленовые и полиэтиленовые волокна, что является крайне негативным фактором для оседания личинок. Педивелигерам сложно прикрепиться к «более влажным» субстратам, таким как полиэстер [5, 20]. Также было обнаружено, что коллекторы, сделанные только из полипропиленовых волокон, вызывали более высокие темпы оседания, чем полиэтиленовые [10, 16]. Недавно было установлено, что личинки мидий *Mytilus edulis* различают запахи и по-разному реагируют на запахи различных литоральных видов [21]. Например, они избегали неприятных запахов хищников мидий, но положительно реагировали на запахи сородичей и нитчатой водоросли, проявляли слабую реакцию на запахи от травоядных брюхоногих моллюсков. В итоге, на первичное заселение мидийного спата оказывает влияние не только структура и состав субстрата, но также и близлежащая макробиота, благодаря выделяемым химическим сигналам (запахам) [22].

Некоторыми авторами предпринимались попытки применения ворсистых веревок из натуральных растительных материалов (сизаля и джута) в качестве

коллекторов [23]. Однако эти изделия из целлюлозы быстро разлагались в морской воде и оказывались непригодными. Полипропиленовые (полиамидные) канаты были более долговечными, но со временем моллюски откреплялись от их поверхности и опадали.

Изучение поведения педивелигеров *M. galloprovincialis* показало, что успех процесса оседания также зависит от диаметра коллектора. Так, численность спата на нейлоновом канате диаметром 32 мм была в 5 раз выше, чем на коллекторе 14 мм [18]. Эти же авторы указывают на необходимость расположения коллекторов выше термоклина. Еще несколько испытаний различных типов коллекторов были проведены на системе плотов для выращивания *M. galloprovincialis* в районе города Синоп (южная часть Черного моря) [7, 8, 15]. В качестве субстратов использовали полипропиленовые новые веревки диаметром 14 мм, старые корабельные канаты диаметром 22 мм и старую анчоусную сеть диаметром 19 мм. Результаты показали, что нитевые и ворсистые поверхности корабельных канатов (4700 экз./м) и рыбацкая сеть (6300 экз./м) были предпочтительны для спата моллюсков (уровень значимости $p < 0,05$). В то время как на полипропиленовом коллекторе было обнаружено около 3000 экз./м. Ранее эти же авторы провели эксперимент с подобными гладкими коллекторами диаметром 16 мм, но со вставленными через 30...40 см деревянными колышками длиной 25 см [8]. Максимальная плотность оседания молоди увеличилась до 4200 экз./м на глубине 3 м. В нашем исследовании на тестируемых коллекторах (супер ворсистый и плетеный с двойными петлями) после весеннего нереста удалось собрать самое большое количество личинок *M. galloprovincialis* из всех ранее сообщаемых результатов для Черного моря, в среднем от 11000 до 14000 экз./м. Однако следует учитывать, что чрезвычайно высокая плотность может негативно сказаться на дальнейшем росте и развитии сообщества моллюсков [15]. Возникает внутривидовая конкуренция за пищу и пространство, что может привести к опаданию «лишних» моллюсков с субстрата. Применение интенсивной технологии, предусматривающей пересадку молоди мидий с коллекторов в сетные рукава позволит сохранить весь

собранный спат без существенных потерь. Таким образом, результаты нашего исследования показали, что использование протестированных коллекторов компании Intermas Group (Испания) позволит собирать большие объемы личинок *M. galloprovincialis* для целей марикультуры.

У всех моллюсков рода *Mytilus* различают первичное и вторичное оседание молоди. Первичное связано с прикреплением личинок размером $< 0,5$ мм (первичные поселенцы), позже они могут по несколько раз открепляться и прикрепляться вновь на другие субстраты. Во вторичном оседании участвуют организмы $> 0,5$ мм (вторичные поселенцы), которые окончательно прикрепляются к субстрату [4, 17, 18, 24, 25]. Размеры личинок *M. galloprovincialis*, осевших на коллекторах в лимане Донузлав, свидетельствуют о наличии особей первичного и вторичного оседания, с явным преобладанием последних (рис. 2).



Рис. 2. Размерность спата мидий возрастом 2 месяца после оседания

Большую долю составляла молодь размером от 0,5 до 7 мм. Таким образом, можно предположить, что личинки моллюсков «осознанно» выбирали предложенные коллектора. Полученные дан-

ные можно рассматривать в качестве критерия для оценки эффективности применения коллекторов для сбора *M. galloprovincialis* в Черном море. В настоящее время активно развивается промышленное производство средиземноморских мидий *M. galloprovincialis* у берегов Крыма. Применение различных технологий сбора посадочного материала определяет будущие объемы товарной мидии. Изменяющиеся природные факторы, особенности тех или иных акваторий, нестабильность в наличии необходимого количества личинок моллюсков в море вынуждают фермеров марикультуры искать новые эффективные устройства и технологии. В результате исследования были оценены высокопроизводительные коллектора для сбора спата и его сохранения до наступления следующего технологического этапа – пересадки в сетные рукава.

Выводы

«Экологическая емкость» применяемых коллекторов для сбора личинки мидий определяет урожайность морских ферм в прибрежной части Черного моря. В результате проведенного исследования была показана высокая эффективность использования трехмерных коллекторов с большой структурной сложностью для получения промышленных объемов личинки мидий *M. galloprovincialis* для целей марикультуры. С помощью коллекторов типов «Супер ворсистый» и «Плетенный с двойными петлями» были достигнуты самые высокие показатели оседания молоди *M. galloprovincialis*, отмеченные в Черном море. Плотность оседания молоди в среднем составила 11000...14000 экз./м, что намного превышает показатели, сообщаемых ранее для Черного моря. На данных коллекторах было обнаружено массовое вторичное оседание личинок мидий, что свидетельствует о том, что структура и состав коллекторов соответствуют своему назначению и отвечают требованиям экологической безопасности.

Библиографический список

1. Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Черном море / под. ред. В.Н. Еремеева; НАН Украины, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. Севастополь, 2010, 424 с.
2. Золотницкий А. П., Крючков В. Г., Сытник Н. А., Горбенко В. А., Грищенко А. В. Характеристика динамики численности и биомассы мидий (*Mytilus galloprovincialis*, Lamark, 1819) при выращивании на различных типах коллекторов // Труды ЮгНИРО. 2017. Т. 54. С. 180-187.
3. Trevelyan G.A., Chang E.S. Light induced shell pigmentation in postlarval *Mytilus edulis* and its use as a biological tag // Marine Ecology Progress Series. 1987. Vol. 39, Iss. 2. P. 137-144.
4. Казанкова И.И. Поведенческие реакции оседающих педивелигеров *Mytilus galloprovincialis* Lam. При разных режимах движения воды // Системы контроля окружающей среды. 2016. Т. 3, № 23. С. 119-123.
5. Brenner M., Buck B. H. Attachment properties of blue mussel (*Mytilus edulis* L.) byssus threads on culture-based artificial collector substrates // Aquacultural Engineering. 2010. Vol. 42. P. 128-139.
6. Filgueira R., Peteiro L.G., Labarta U., Fernandez-Reiriz M.J. Assessment of spat collector ropes in Galician mussel farming // Aquacultural Engineering. 2007. Vol. 37. P. 195-201.
7. Karayücel S., Çelik M.Y., Karayücel İ., Erik G. Development of mussel (*M. galloprovincialis* L., 1819) seed on different combined collectors used on raft system, in Sinop, Black sea // Journal of Animal and Veterinary Advances. 2009. Vol. 8, Iss. 4. P. 764-770.
8. Karayücel S., Erdem M., Uyan O., Saygun S., Karayücel I. Spat settlement and growth on a long-line culture system of the mussel, *Mytilus galloprovincialis*, in the southern Black sea // The Israeli Journal of Aquaculture, Bamidgeh. 2002. Vol. 54, Iss. 4. P. 163-172.
9. Lane D.J.W., Beaumont A.R., Hunter J.R. Byssus drifting and the drifting threads of the young post-larval mussel *Mytilus edulis* // Marine Biology. 1985. Vol. 84, Iss. 3. P. 301-308.
10. Lekang O.I., Stevik T.K., Bomo A.M. Evaluation of different combined collectors used in longlines for mussel farming // Aquacultural Engineering. 2003. Vol. 27. P. 89-104.
11. Walter U., Liebezeit G. Efficiency of blue mussel (*Mytilus edulis*) spat collectors in highly dynamic tidal environments of the Lower Saxonian coast (southern North Sea) // Biomolecular

Engineering. 2003. Vol. 20, Iss. 4-6. P. 407-411.

12. Золотницкий А. П. Экологические закономерности формирования урожая мидии при культивировании в Черном море // Ученые записки Таврического Национального университета. 2001. Т. 14, № 53. С. 73- 85.

13. Lök A., Kirtik A., Küçükdermenci A., Kurtay E., Yiğitkurt S. Efficiency of mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) spat attachment on jute ropes // International Journal of Environmental Research and Technology. 2018. Vol.1, Iss. 1. P. 4-6.

14. Соловьева О.В. Естественный био-фильтр гидротехнических сооружений Крымского побережья в рекреационный период // Вестник Удмурдского университета. Биология. Науки о Земле. 2017. Т. 27, вып. 3. С. 311-321.

15. Çelik M.Y., Karayücel S., Karayücel İ., Eyuboğlu B., Öztürk R. Settlement and growth of the mussels (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) on different collectors suspended from an offshore submerged longline system in the Black Sea // Aquaculture Research. 2016. Vol. 47, Iss. 12. P. 3765-3776.

16. Protopopescu G.C., Beal B.F. Settlement response to various rope substrates in blue mussels (*Mytilus edulis* Linnaeus) in a hatchery setting // Journal Of Shellfish Research. 2015. Vol. 34, Iss. 2. P. 383-391.

17. Pechenik J.A., Heyman W.D. Using KC1 to determine size at competence for larvae of the marine gastropod *Crepidula fornicata* (L.) // Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology. 1987. Vol. 112. P. 27-38.

18. Aghzar A., Talbaoui M., Benajiba M.H., Presa P. Influence of depth and diameter of rope collectors on settlement density of *Mytilus galloprovincialis* spat in Baie de M'diq (Alboran Sea) // Marine and Freshwater Behaviour and Physiology. 2012. Vol.45, Iss.1. P. 1-11.

19. Caceres-Martinez J., Robledo J.A.F., Figueras A. Settlement and post-larvae behavior of *Mytilus galloprovincialis*: field and laboratory experiments // Marine Ecology Progress Series. 1994. Vol. 112. P. 107-117.

20. Hagenau A., Suhre M.H., Scheibel T. Nature as a blue print for polymer concept: protein fiber-reinforced composites as holdfast of mussels // Progress in Polymer Science. 2014. Vol. 39, Iss. 8. P. 1564-1583.

21. Morello S.L., Yund P.O. Response of competent blue mussel (*Mytilus edulis*) larvae to positive and negative settlement cues // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 2016. Vol. 480. P. 8-16.

22. Dobretsov S., Wahl M. Recruitment preferences of blue mussel spat (*Mytilus edulis*) for different substrata and microhabitats in the White Sea (Russia) // Hydrobiologia. 2001. Vol.445. P. 27-35.

23. Yildiz H., Lok A., Acarli S., Serdar S., Kucukdermenci A., Berber S., Vural P. Influences of different collector materials on Mediterranean mussel, *Mytilus galloprovincialis* L. 1819 in the Dardanelles // Marine Science and Technology Bulletin. 2013. Vol 2, Iss. 1. P. 23-35.

24. Corre N., Martel A.L., Guichard F., Johnson L.E. Variation in recruitment: differentiating the roles of primary and secondary settlement of blue mussels *Mytilus* spp. // Marine Ecology Progress Series. 2013. Vol. 481. P. 133-146.

25. Azpeitia K., Rodríguez-Ezpeleta N., Mendiola D. Settlement and recruitment pattern variability of the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lmk. from SE Bay of Biscay (Basque Country) // Regional Studies in Marine Science. 2019. Vol. 27. P. 1-12.

References in roman script

1. Holodov V.I., Pirkova A.V., Ladygina L.V. Vyrashchivanie midij i ustric v Chernom more / pod. red. V.N. Eremeeva; NAN Ukrainy, Institut biologii yuzhnyh morej im. A.O. Kovalevskogo. Sevastopol', 2010, 424 s.

2. Zolotnickij A. P., Kryuchkov V. G., Sytnik N. A., Gorbenko V. A., Grishchenko A. V. Harakteristika dinamiki chislennosti i biomassy midij (*Mytilus galloprovincialis*, Lamark, 1819) pri vyrashchivanii na razlichnyh tipah kollektorov // Trudy YUGNIRO. 2017. Т. 54. S. 180-187.

3. Trevelyan G.A., Chang E.S. Light induced shell pigmentation in postlarval *Mytilus edulis* and its use as a biological tag // Marine Ecology Progress Series. 1987. Vol. 39, Iss. 2. P. 137-144.

4. Kazankova I.I. Povedencheskie reakcii osedayushchih pediveligerov *Mytilus galloprovincialis* Lam. Pri raznyh rezhimah dvizheniya vody // Sistemy

kontrolya okruzhayushchej sredy. 2016. T. 3, № 23. C. 119-123.

5. Brenner M., Buck B. H. Attachment properties of blue mussel (*Mytilus edulis* L.) byssus threads on culture-based artificial collector substrates // *Aquacultural Engineering*. 2010. Vol. 42. P. 128-139.

6. Filgueira R., Peteiro L.G., Labarta U., Fernandez-Reiriz M.J. Assessment of spat collector ropes in Galician mussel farming // *Aquacultural Engineering*. 2007. Vol. 37. P. 195-201.

7. Karayücel S., Çelik M.Y., Karayücel İ., Erik G. Development of mussel (*M. galloprovincialis* L., 1819) seed on different combined collectors used on raft system, in Sinop, Black sea // *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2009. Vol. 8, Iss. 4. P. 764-770.

8. Karayücel S., Erdem M., Uyan O., Saygun S., Karayücel I. Spat settlement and growth on a long-line culture system of the mussel, *Mytilus galloprovincialis*, in the southern Black sea // *The Israeli Journal of Aquaculture, Bamidgheh*. 2002. Vol. 54, Iss. 4. P. 163-172.

9. Lane D.J.W., Beaumont A.R., Hunter J.R. Byssus drifting and the drifting threads of the young post-larval mussel *Mytilus edulis* // *Marine Biology*. 1985. Vol. 84, Iss. 3. P. 301-308.

10. Lekang O.I., Stevik T.K., Bomo A.M. Evaluation of different combined collectors used in longlines for mussel farming // *Aquacultural Engineering*. 2003. Vol. 27. P. 89-104.

11. Walter U., Liebezeit G. Efficiency of blue mussel (*Mytilus edulis*) spat collectors in highly dynamic tidal environments of the Lower Saxonian coast (southern North Sea) // *Biomolecular Engineering*. 2003. Vol. 20, Iss. 4-6. P. 407-411.

12. Zolotnickij A. P. Ekologicheskie zakonomernosti formirovaniya urozhaya midii pri kul'tivirovanii v Chernom more // *Uchenye zapiski Tavricheskogo Nacional'nogo universiteta*. 2001. T. 14, № 53. S. 73- 85.

13. Lök A., Kirtik A., Küçükdermenci A., Kurtay E., Yiğitkurt S. Efficiency of mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) spat attachment on jute ropes // *International Journal of Environmental Research and Technology*. 2018. Vol.1, Iss. 1. P. 4-6.

14. Solov'eva O.V. Estestvennyj biofil'tr gidrotekhnicheskikh sooruzhenij Krymskogo poberezh'ya v rekreacionnyj

period // *Vestnik Udmurdsckogo universiteta. Biologiya. Nauki o Zemle*. 2017. T. 27, vyp. 3. S. 311-321.

15. Çelik M.Y., Karayücel S., Karayücel İ., Eyuboğlu B., Öztürk R. Settlement and growth of the mussels (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) on different collectors suspended from an offshore submerged longline system in the Black Sea // *Aquaculture Research*. 2016. Vol. 47, Iss. 12. P. 3765-3776.

16. Protopopescu G.C., Beal B.F. Settlement response to various rope substrates in blue mussels (*Mytilus edulis* Linnaeus) in a hatchery setting // *Journal Of Shellfish Research*. 2015. Vol. 34, Iss. 2. P. 383-391.

17. Pechenik J.A., Heyman W.D. Using KC1 to determine size at competence for larvae of the marine gastropod *Crepidula fornicata* (L.) // *Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology*. 1987. Vol. 112. P. 27-38.

18. Aghzar A., Talbaoui M., Benajiba M.H., Presa P. Influence of depth and diameter of rope collectors on settlement density of *Mytilus galloprovincialis* spat in Baie de M'diq (Alboran Sea) // *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*. 2012. Vol.45, Iss.1. P. 1-11.

19. Caceres-Martinez J., Robledo J.A.F., Figueras A. Settlement and post-larvae behavior of *Mytilus galloprovincialis*: field and laboratory experiments // *Marine Ecology Progress Series*. 1994. Vol. 112. P. 107-117.

20. Hagenau A., Suhre M.H., Scheibel T. Nature as a blue print for polymer concept: protein fiber-reinforced composites as holdfast of mussels // *Progress in Polymer Science*. 2014. Vol. 39, Iss. 8. P. 1564-1583.

21. Morello S.L., Yund P.O. Response of competent blue mussel (*Mytilus edulis*) larvae to positive and negative settlement cues // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2016. Vol. 480. P. 8-16.

22. Dobretsov S., Wahl M. Recruitment preferences of blue mussel spat (*Mytilus edulis*) for different substrata and microhabitats in the White Sea (Russia) // *Hydrobiologia*. 2001. Vol.445. P. 27-35.

23. Yildiz H., Lok A., Acarli S., Serdar S., Kucukdermenci A., Berber S., Vural P. Influences of different collector materials on Mediterranean mussel, *Mytilus galloprovincialis* L. 1819 in the Dardanelles // *Marine Science and Technology Bulletin*. 2013. Vol 2, Iss. 1. P. 23-35.

24. Corre N., Martel A.L., Guichard F., Johnson L.E. Variation in recruitment: differentiating the roles of primary and secondary settlement of blue mussels *Mytilus* spp. // *Marine Ecology Progress Series*. 2013. Vol. 481. P. 133-146.

25. Azpeitia K., Rodríguez-Ezpeleta N., Mendiola D. Settlement and recruitment pattern variability of the mussel *Mytilus galloprovincialis* Lmk. from SE Bay of Biscay (Basque Country) // *Regional Studies in Marine Science*. 2019. Vol. 27. P. 1-12.

Дополнительная информация

Сведения об авторе:

Вялова Оксана Юрьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»; 299011, г. Севастополь, пр-т Нахимова, 2; e-mail: vyalova07@gmail.com.



В этой статье под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 International License, которая разрешает копирование, распространение, воспроизведение, исполнение и переработку материалов статей на любом носителе или формате при условии указания автора(ов) произведения, защищенного лицензией Creative Commons, и указанием, если в оригинальный материал были внесены изменения. Изображения или другие материалы третьих лиц в этой статье включены в лицензию Creative Commons, если иные условия не распространяются на указанный материал. Если материал не включен в лицензию Creative Commons, и Ваше предполагаемое использование не разрешено законодательством Вашей страны или превышает разрешенное использование, Вам необходимо получить разрешение непосредственно от владельца(ев) авторских прав.

Для цитирования: Вялова О.Ю. «Экологическая емкость» коллекторов разного типа для сбора спата мидии *Mytilus galloprovincialis* в Черном море // *Экология и строительство*. 2020. № 1. С. 14–22. doi: [10.35688/2413-8452-2020-01-002](https://doi.org/10.35688/2413-8452-2020-01-002).

Работа выполнена в рамках темы Государственного задания Федерального исследовательского центра «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», государственный регистрационный номер № 0828-2018-0003.

Additional Information

Information about the author:

Vyalova Oksana Yuryevna, candidate of biological sciences, senior researcher; A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS; 2, the Nakhimov Avenue, Sevastopol, 299011, Russia; e-mail: vyalova07@gmail.com.



This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder.

For citations: Vyalova O.Yu. «Ecological capacity» of different types of collectors for getting mussel spat of *Mytilus galloprovincialis* in the Black sea // *Ekologiya i stroitelstvo*. 2020. № 1. P. 14–22. doi: [10.35688/2413-8452-2020-01-002](https://doi.org/10.35688/2413-8452-2020-01-002).

This work is ostensibly supported by the Ministry of Science and Higher Education (Russia) under the State assignment № 0828-2018-0003 of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of Russian Academy of Sciences.