

**Департамент образования и науки города Севастополя
Государственное бюджетное образовательное учреждение
Центр дополнительного образования «Малая академия наук»**

МИДИЙНАЯ ФЕРМА КАК ЭЛЕМЕНТ МЕЛИОРАЦИИ МОРСКОЙ АКВАТОРИИ

Работу выполнил:

Посторонюк Ксения,

учащаяся творческого объединения

«Биология человека» ГБОУ

ЦДО «Малая академия наук» ,

СОШ№49, 11 класс

Научный руководитель:

Поспелова Н.В., руководитель

творческого объединения «Биология

человека» ГБОУ «ЦДО «Малая академия

наук», к.б.н., ученый секретарь, старший

научный сотрудник ФИЦ ИнБЮМ

г. Севастополь, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
РАЗДЕЛ 1	
ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕРНОМОРСКИХ МИДИЙ И ИХ РОЛЬ В ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).	6
РАЗДЕЛ 2	
ОБЪЕКТ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	8
2.1. Характеристика районов исследования.....	8
2.2. Материал и методы исследования.....	10
2.3. Математическая обработка данных.....	13
РАЗДЕЛ 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.....	11
3.1. Размерно-весовая структура мидий фермы	11
3.2. Фильтрационная активность мидий фермы	13
3.3. Участием мидий фермы в процессах самоочищения акватории размещения марихозяйства	14
ВЫВОДЫ.....	18
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	19

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы.

Черноморские мидии широко используются в различных исследованиях, в том числе для изготовления медицинских препаратов. До настоящего времени мидии были также широко распространённым видом в Чёрном море. Сейчас их численность значительно упала, что связано с изменением экологических условий, в том числе с выеданием хищным брюхоногим моллюском – рапаной. Мидия является не только удобным объектом научных исследований, но и пищевым объектом, мясо которого обладает высокими вкусовыми и лечебно-профилактическими свойствами. Поэтому их выращивают на мидийных фермах. Однако продукция ферм должна соответствовать определённым стандартам и постоянно контролироваться.

Среди различных направлений рыбохозяйственных исследований в России в настоящее время трудно назвать более актуальное, чем расширенное воспроизводство биологических ресурсов и повышение продуктивности шельфовой зоны Чёрного моря. Основной резерв повышения промысловой продуктивности — развитие марикультуры [2]. Важная роль в управлении производственными процессами в водоёмах принадлежит хозяйствам по культивированию моллюсков. Основным объектом культивирования на Чёрном море до настоящего времени остаётся мидия *Mytilus galloprovincialis*. Искусственное разведение мидий имеет многовековую историю и в настоящее время в России наблюдается тенденция к увеличению объёмов её культивирования. Обусловлено это, с одной стороны, необходимостью обеспечения населения пищевыми продуктами повышенной пищевой и биологической ценности, и с другой, возможностью использования моллюсков для формирования зон биофильтров в акваториях, которые в большей степени подвержены антропогенному загрязнению.

Процессы продуцирования органического вещества и очищения морской воды имеют единственную вещественно-энергетическую основу – круговорот веществ и энергии в экосистемах [4, 8]. Вполне очевидно, что чем выше концентрация

биомассы, тем интенсивнее идут данные процессы. При промышленном выращивании мидий, когда их продукция на ограниченных акваториях может достигать сотен, тысяч тонн, морские фермы становятся существенными компонентами прибрежных экосистем, участвуя в биотическом потоке вещества и энергии [6, 9, 13]. При этом актуально оценивать влияние марихозяйств на окружающую среду. В системе «мидийная ферма – среда» основными компонентами являются: взвешенное вещество (кормовая база), мидии (объект культивирования) и биоотложения мидий (отходы, вовлекаемые в круговорот веществ или депонирующиеся в донных отложениях). Мидийные фермы могут выступать в качестве компонентов мелиорации среды. Профильтровывая огромные количества морской воды, они очищают воду как от взвешенных, так и от растворенных компонентов, в том числе от поллютантов, переводя их в донные отложения. Однако при этом может происходить накопление загрязняющих веществ под фермой и, таким образом, иметь опосредованное влияние на бентосные организмы.

Цель исследования: исследовать влияние мидийной фермы на морскую среду.

На основании цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Определить размерно-весовую структуру поселения мидий на экспериментальном марихозяйстве;
2. Рассчитать суммарную скорость фильтрации мидий фермы;
3. Определить количество биоотложений, выделяемых культивируемыми мидиями;
4. на основании расчётов показать возможную роль культивируемых мидий в процессах самоочищения прибрежных акваторий.

Объект исследования – культивируемые мидии *Mytilus galloprovincialis*,

Материал исследования – мягкие ткани и раковины мидий, биоотложения мидий.

Методы исследования – общепринятые анатомо-морфологические методы исследования популяций мидий.

Научная новизна полученных результатов. Впервые проведены расчеты фильтрационной активности и выделение биоотложений различных размерных групп на марихозяйстве в районе г. Севастополя.

Теоретическое и практическое значение полученных результатов. Полученные результаты имеют теоретическое значение, так как вносят вклад в понимание биологии мидий. Полученные данные дают возможность оценить участие культивируемых мидий в биотическом круговороте веществ в морских акваториях.

Результаты представляют интерес для практикующих фермеров, поскольку показывают участие мидийной фермы в очищении морских акваторий, что может быть важно для контроля качества продукции.

РАЗДЕЛ 1

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕРНОМОРСКИХ МИДИЙ И ИХ РОЛЬ В ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Благодаря высокой плотности поселений, поясному распространению в море на больших площадях дна, относительно крупным размерам, митилиды Чёрного моря являются ведущим компонентом донных сообществ, осуществляющим колоссальную по масштабам функцию биофильтра. Биомасса мидий искусственных поселений (на фермах) сопоставима с максимальными биомассами этих моллюсков из естественных биотопов.

Результаты исследования химического состава тканей мидий свидетельствуют о высокой пищевой ценности их мяса [3, 10]. Черноморские мидии – одни из ценнейших гидробионтов, содержащих широкий спектр БАВ и микроэлементов. Это один из аспектов интереса к ним как к объектам марикультуры. В прибрежной зоне мидийные хозяйства используются не только для воспроизводства сырьевых ресурсов, но и для поддержания приемлемого санитарного режима акваторий. Мидии фильтруют большие объёмы воды, изымая из взвеси значительные количества различных веществ, в том числе и загрязнителей [2, 6, 14, 16]. Часть этих веществ трансформируется и затем поступает в составе биоотложений в донные осадки [13, 16, 17].

Исследованию скорости фильтрации моллюсков посвящены работы отечественных и зарубежных учёных. Установлено, что мидии *M. galloprovincialis* в лабораторных условиях в течение суток фильтруют 18-19 часов. Мидия размером 50-60 мм профильтровывает в среднем 52 литра морской воды в сутки (со скоростью от 0,48 до 7,5 л/час) [12]. Наиболее фундаментальными работами по фильтрационной активности черноморской мидии в экспериментальных и природных условиях являются исследования Г.А. Финенко [14, 15]. По её данным скорость фильтрации воды с монокультурами микроводорослей мидиями *M. galloprovincialis* изменялась в широких пределах: от 0,08 до 3,5 л/экз/час в

зависимости от размеров моллюска и температуры воды [14]. Отмечено, что абсолютные величины профильтрованного объёма при питании мидий природной взвесью в 2-6 раз ниже, чем при потреблении монокультуры одноклеточных водорослей [14]. Влияния физиологического состояния животных (периоды размножения и покоя) на фильтрационную активность мидий не обнаружено.

Влияние марикультуры мидий на окружающую среду основано на процессах потребления и выделения взвешенного и растворённого органического вещества [18]. Исследования в Белом море показали, что искусственные поселения мидий стимулируют количественное развитие бентоса за счёт потока растворённых и взвешенных органических соединений, биогенов и витаминов. Однако положительный эффект отмечался при умеренной седиментации, тогда как интенсивное осаждение биоотложений приводит к резкому уменьшению донных популяций [19]. Исследование мидийных ферм в Средиземном море показало, что биоотложения мидий не оказывали значительного влияния на бентос: аккумуляции органического вещества под фермой не наблюдалось, биохимический состав донных осадков и трофические условия донных сообществ не изменялись [20].

Определение приёмной ёмкости акваторий в районах культивирования моллюсков требует исследования скоростей выделения и состава биоотложений (фекалий и псевдофекалий) [13, 21]. Отмечено, что летом мидии *M. coruscus* выделяли фекалий больше, чем в другие сезоны года, и скорость выделения их взрослыми моллюсками составляла 22-25 мг/экз/сутки [21]. Одни исследователи считают, что количество фекалий мало зависит от концентрации пищи, температуры воды и условий освещения, в отличие от псевдофекалий [21]. В других работах отмечено, что количество биоотложений мидий зависит от концентрации корма, а с увеличением возраста и размеров мидий скорость выделения биоотложений увеличивается и составляет от 0,7 до 29 мг/особь/сутки (для мидий из б. Ласпи – Чёрное море) [13].

РАЗДЕЛ 2

ОБЪЕКТ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Характеристика района исследований

Исследования проводили на экспериментальной мидийно-устричной ферме, созданной с участием ИнБЮМ, расположенной на внешнем рейде Севастопольской бухты в 700 м от берега на глубинах 5 – 10 м между бухтами Карантинная и Севастопольская (рис. 2.1). Севернее Севастопольской бухты в море впадает река Бельбек, непосредственно в бухту – река Чёрная. В непосредственной близости от фермы расположен аварийный выпуск хозяйственно-бытовых сточных вод.



Рис. 2.1 Район расположения станции отбора проб на экспериментальной мидийной ферме

Циркуляция вод в районе фермы определяется скоростью и направлением ветра, а также стоковыми водами из Севастопольской бухты. Вследствие значительной изменчивости ветровых условий, скорости течений на ферме невелики – от 5 до 20 см/с, но таких скоростей вполне достаточно для хорошего обмена вод, т.е. ферма хорошо «вентилируется» даже незначительным ветро-волновым перемешиванием. Для этого района характерны скрытые, не выходящие на

поверхность сгонные процессы (апвеллинги), которые наблюдаются при устойчивых ветрах восточной и северо-восточной составляющей.

Результаты комплексных исследований гидрологического и гидрохимического режимов района расположения марихозяйства свидетельствуют о существенном влиянии вод Севастопольской бухты на процесс формирования гидрохимического режима в районе мидийной фермы.

2.2 Материал и методы исследований

Моллюсков отбирали с мидийной фермы. Брели часть коллектора и определяли длину раковины, общий вес, вес сырой ткани и вес раковины моллюсков. Всех моллюсков разделили на размерные группы: 1-2 см, 2-3 см, 3-4 см, 5 и более см. Длину створок измеряли при помощи штангенциркуля – по наибольшему расстоянию от макушки до края раковины [11].

Индивидуальный сырой вес моллюсков определяли весовым методом. Отдельно мягкие ткани и раковину обсушивали при помощи фильтровальной бумаги и взвешивали на торсионных весах WT-2 (4000) с точностью до 2 мг.

Сухой вес определяли по формулам [3].

Скорость фильтрации рассчитывали по уравнениям зависимости между скоростью фильтрации и сухой массой мягких тканей при определённой температуре, предложенным Г.А. Финенко [14].

Биоотложения собирали, высадив моллюсков разных размерных групп по одному экземпляру в трех повторностях в фильтрованную морскую воду на 4 часа для освобождения их желудков от содержимого. После этого пипеткой собирали фекалии в пробирку, промывали дистиллированной водой и высушивали при 105°C до постоянной массы. Зная, что скорость прохождения пищи через желудочно-кишечный тракт мидий составляет 2 часа, считали, что собранные биоотложения – результат двухчасовой фильтрационной активности.

2.3 Математическая обработка данных

Вычисляли среднее арифметическое (M), стандартное отклонение (σ), ошибку среднего арифметического (m) с помощью пакет программ Microsoft Office Excel 2007. Расчеты сухого веса мягких тканей, фильтрационной активности проводили по уравнениям [14, 15].

РАЗДЕЛ 3

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Размерно-весовая структура мидий фермы

Экспериментальная мидийная ферма располагается в акватории площадью 0,5 га. По предварительным расчетам владельца фермы, она рассчитана на выращивание 100 тонн мидий. Мы взяли часть коллектора и исследовали размерно-весовую структуру 154 моллюсков. Результаты измерений представлены на рис. 3.1.



Рис. 3.1.1 Соотношение мидий разных размерных групп на коллекторе мидийной фермы (%)

Исходя из наших расчетов данные экстраполировали на всю ферму. Наши расчеты показали, что 100 тонн – это вес 10 млн. моллюсков представленных размерных групп в летний период. Более половины всех мидий составляли моллюски товарного размера (длина раковины - более 5 см). Значительную часть (15%) составляли мидии размером до 2 см, т.е. моллюски, осевшие весной после массового весеннего нереста. Мелкие мидии не вносили значительного вклада в общий вес моллюсков на ферме (рис. 3.1.2, 3.1.3)

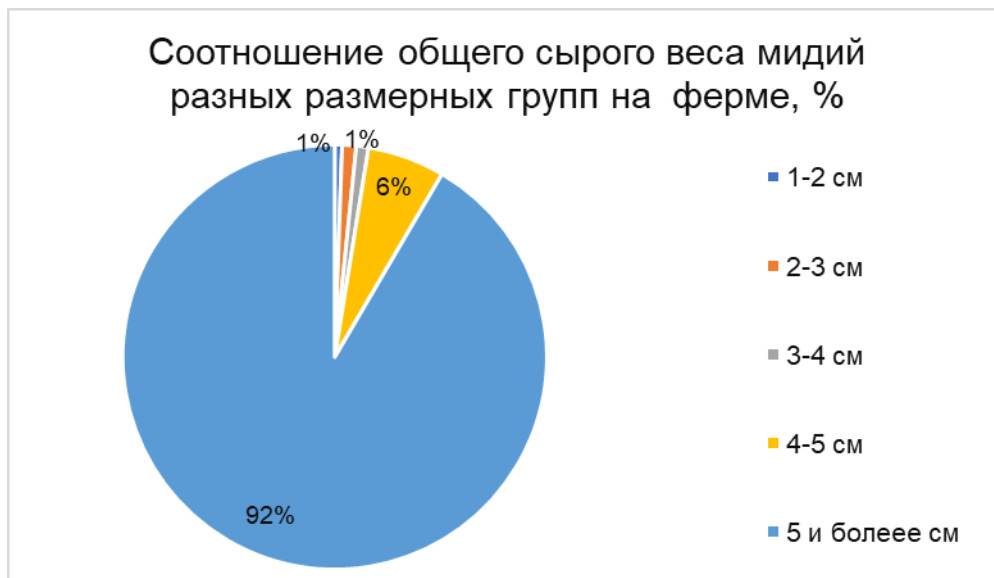


Рис. 3.1.2 Соотношение общего сырого веса мидий разных размерных групп на ферме (%)

Более 90% общего сырого веса мидий ферма приходится на мидий товарного размера. Аналогичные результаты получены, если принимать в расчет только вес мяса мидий (вес мягких тканей) (рис. 3.1.3).



Рис. 3.1.3 Соотношение сырого веса мягких тканей мидий разных размерных групп на ферме (%)

3.2 Фильтрационная активность мидий фермы

Зная общую размерно-весовую структуру мидий фермы рассчитали скорость фильтрации каждой мидии и среднюю скорость фильтрации для каждой размерной группы (рис. 3.2.1).

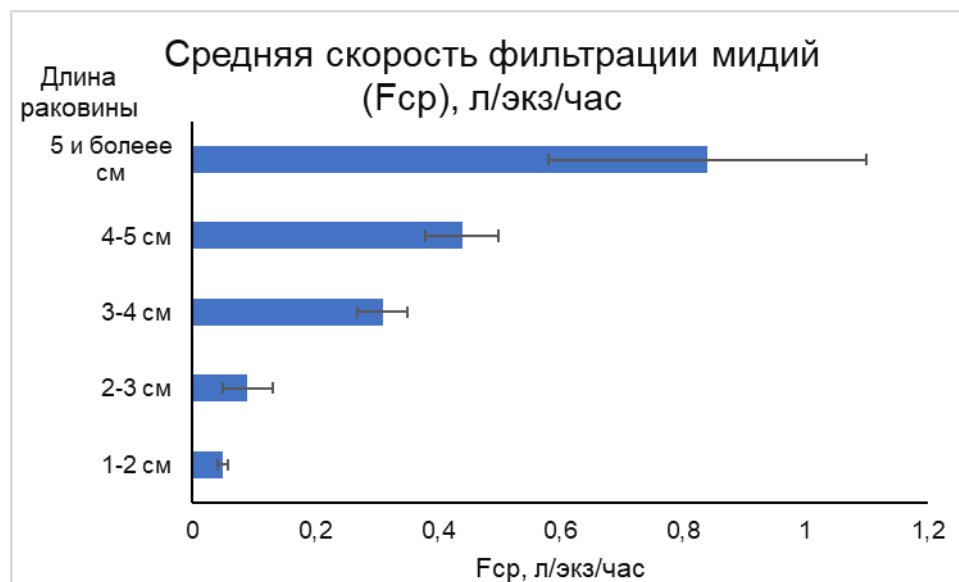


Рис. 3.2.1 Средняя скорость фильтрации мидий разных размерных групп

Так наиболее высокой скоростью фильтрации обладали мидии с размером раковины более 5 см (в среднем 800 мл воды/час). Далее со снижением длины раковины равномерно снижается и скорость фильтрации. Разница в скорости фильтрации между группами достоверна ($p \leq 0,05$).

В наших исследованиях все расчёты велись, учитывая экологический рацион. Есть разные точки зрения по поводу фильтрационной активности мидии в течение суток. По одним данным, мидия фильтрует 18-19 ч в сутки [12]; по другим, мидия сохраняет фильтрационную активность в течение суток [14]. Мы основывались на точке зрения, что моллюски фильтруют непрерывно в течение 24 ч, поэтому приведённые ниже величины по скорости фильтрации рассматриваются как максимально возможные в данных условиях.

Наши расчёты основаны на данных Г.А. Финенко, полученных «непрямым методом» определения скорости фильтрации по удалению взвешенных частиц за

единицу времени [14]. Влияния физиологического состояния животных (периоды размножения и покоя) на фильтрационную активность мидий не учитывали [14]. Известно, что объём фильтрата зависит от поверхности жабр, которая в свою очередь связана с массой моллюска [1]. Некоторые исследователи считают, что вся профильтрованная взвесь проходит через желудок моллюска.

В ходе нашего исследования псевдофекалии не обнаружены. Ранее было показано, что образование псевдофекалий у крупных моллюсков начинается только при концентрации взвешенного вещества более 6 мг/л [14]. При исследовании фильтрационной активности мидий в Севастопольской бухте было отмечено, что животные образуют псевдофекалии лишь в отдельные короткие периоды активного ветрового перемешивания, когда концентрация сестона значительно превышает средние величины [14].

Скорость фильтрации воды мидиями в наших расчетах изменялась в пределах 0,08 – 0,8 л/экз/ч (табл.) и зависела от массы животных.

3.3 Участием мидий фермы в процессах самоочищения акватории размещения марихозяйства

Организация крупных хозяйств по культивированию мидий требует определения их возможного влияния на окружающую среду. Известно, что экстенсивная марикультура может влиять на качество среды как позитивно, так и негативно. Марикультура фильтраторов, санитаров моря – мидий, может стать существенным средством сохранения промыслового и санитарно-экологического потенциала моря [2]. Поселения мидий в марихозяйствах увеличивают скорость оборота вещества и тем самым повышают общую продуктивность. Наибольший вклад в общую фильтрационную активность фермы вносили моллюски товарного размера (86%) (рис. 3.3.1).



Рис. 3.3.1 Соотношение скорости фильтрации мидий разных размерных групп на ферме (%)

Зная размерно-весовую структуру мидий на одном коллекторе, мы предположили, что это средняя структура на всех коллекторах фермы и рассчитали все показатели в расчете на 10 млн. экземпляров мидий в том соотношении размерных групп, что мы привели ранее. Результаты представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 Суммарная размерно-весовая структура, фильтрационная активность и выделение биоотложений мидий фермы (в расчете на 10 млн моллюсков)

Размер мидии, мм	Доля численности на коллекторе, %	Общий вес моллюсков, кг	Сырой вес мягких тканей, кг	Скорость фильтрации, л/ч	вес биоотложений, кг/сут
1-2 см	15,58	630	218	78871	7,79
2-3 см	12,99	1222	365	113636	9,09
3-4 см	3,90	1054	548	122338	5,07
4-5 см	10,39	6712	2764	456344	18,70
5 и < см	57,14	104292	40295	4823443	171,42
ВСЕГО		113910	44190	5594631	212,07

Таким образом, одновременно в летний период на ферме суммарной емкостью 100 тонн сырой вес мягких тканей моллюсков составляет более 44 тонн, суммарная скорость фильтрации составляет более 5590 м³ морской воды в час или, если рассчитать на сутки – 134 тыс. м³, что составляет объем биологически обработанной воды. Известно, что суммарный объем акватории размещения фермы составляет 120 тыс. м³. Т.е. в летний период вся вода фермы за сутки может быть профильтрована 1,12 раз в сутки. При этом все мидии фермы выделяют около 200 кг сухого веса биоотложений в сутки.

Вместе с тем, марикультура может приводить и к вторичному загрязнению водоёмов в районах, где нет хорошего водообмена. Это может происходить за счёт выделения и накопления больших количеств биоотложений культивируемыми мидиями при возникновении анаэробных условий в осадках, когда восстановленные формы поллютантов становятся подвижными и можно предположить возникновение вторичных источников загрязнения морской среды [5, 13, 16].

Ранее для Азовского и северных частей Чёрного моря были рассчитаны величины изъятия тяжёлых металлов природной популяцией черноморской мидии и показана роль моллюсков в осаждении тяжёлых металлов [7].

Так как черноморская мидия – основной объект культивирования на Чёрном море, при оценке качества моллюсков как продукта питания необходимым является исследование накопления мягкими тканями мидий химических элементов, особенно токсичных. Одним из результатов жизнедеятельности мидий является обогащение участка акватории разного рода химическими элементами.

Таким образом, наши исследования определяют значительную роль мидийной фермы в биологическом круговороте, что имеет важное научное и практическое значение. Наши результаты дают возможность определить роль мидийной фермы в процессах самоочищения прибрежной акватории и вероятных перспектив применения искусственных поселений моллюска как ступени мелиорации водной толщи в шельфовых зонах акваторий.

ВЫВОДЫ

1. Определена размерно-весовая структура мидий, выращиваемых на мидийной ферме, размещенной в прибрежье г. Севастополя: более 50 % моллюсков составляют мидии товарного размера (более 5 см), при этом суммарный вес этих моллюсков составляет более 90%.
2. Рассчитана фильтрационная активность мидий фермы, которая изменялась от 0,05 до 0,8 л/экз/час.
3. Рассчитаны суммарные показатели скорости фильтрации мидий фермы, а также скорость выделения биоотложений: суммарная скорость фильтрации составляет более 134 тыс. м³, что составляет объем биологически обработанной воды. В летний период вся вода фермы за сутки может быть профильтрована 1,12 раз. При этом все мидии фермы выделяют около 200 кг сухого веса биоотложений в сутки.
4. Наши исследования определяют значительную роль мидийной фермы в биологическом круговороте, а также в процессах самоочищения прибрежной акватории, что может быть перспективным при применении искусственных поселений моллюска как ступени мелиорации водной толщи в шельфовых зонах акваторий

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алимов А. Ф. Некоторые общие закономерности процесса фильтрации у двусторчатых моллюсков / А. Ф. Алимов // Журнал общей биологии. – 1969. – Т. XXX, № 5. – С. 621–631.
2. Биология культивируемых мидий. / [В. Н. Иванов, В. И. Холодов, М. И. Сеничева и др.] – К.: Наук. думка, 1989. – 100 с., 41.
3. Биохимическая характеристика беспозвоночных северо-западного шельфа Черного моря. [Р. П. Кандюк, И. А. Степанюк, Т. А. Петкевич и др.] – К.: Наук. думка, 1979. – 178 с.
4. Винберг Г. Г. Биотический баланс вещества и энергии и биологическая продуктивность водоёмов / Г. Г. Винберг // Гидробиологический журнал. – 1965. – Т. 1, № 1. – С. 25–32.
5. Влияние физико-химических характеристик донных осадков на распределение микроэлементов на примере бухт Севастополя / Орехова Н. А., Коновалов С. К., Игнатьева О. Г. и др. // Проблемы биологической океанографии XXI века : междунар. науч. конф., посвящ. 135-летию ИнБЮМ, 19-21 сент. 2006 г. : тезисы докл. – Севастополь, 2006. – С. 104.
6. Голиков А. Н. Влияние разведения мидий в Белом море на бентос прилегающей акватории. / А. Н. Голиков, О. А. Скарлато // Биология моря. – 1979. – № 4. – С. 68–73.
7. Доценко И. В. Оценка осаждения тяжелых металлов черноморской мидией (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) в морских акваториях : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. географ. наук : спец. 25.00.23 «Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов» / И. В. Доценко – Ростов-на-Дону, 2005. – 25 с.
8. Заика В. Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов / В. Е. Заика. – К.: Наук. думка, 1983. – 208 с.

9. Кулаковский Э. Е. Влияние марикультуры мидий в Белом море на окружающую среду / Э. Е. Кулаковский // Рыбн. хоз-во. – 1997. – № 2. – С. 46–47.
10. Марикультура мидий на Чёрном море / под ред. Иванова В. Н. – Севастополь : НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2007. – 312 с.
11. Методы изучения двустворчатых моллюсков / Под ред. Г. Л. Шкорбатова, Я. И. Старобогатова // Труды ЗИН; Т. 219. – Л., 1990. – 208 с.
12. Миронов Г. Н. Фильтрационная работа и питание мидий Черного моря / Г. Н. Миронов // Труды Севастоп. биол. станции им. А.О. Ковалевского. – 1948. – Т. 6. – С. 338–352.
13. Нехорошев М. В. Химический состав биоотложений и скорость их выделения культивируемыми мидиями / М. В. Нехорошев, Ю. А. Усс, В. К. Шаляпин // Экология моря. – 1990. – Вып. 36. – С. 37–41.
14. Печень-Финенко Г. А. Фильтрационная активность мидий в условиях Севастопольской бухты / Г. А. Печень-Финенко // Гидробиол. журн. – 1992. – Т. 28, № 5. – С. 44–50.
15. Финенко Г. А. Экологическая энергетика черноморской мидии // Биоэнергетика гидробионтов / Г. А. Финенко, З. А. Романова, Г. И. Аболмасова – К. : Наук. думка, 1990. – С. 32–72.
16. Dahlbäck B. Sedimentation and sulfate reduction under a mussel culture / B. Dahlbäck, L. A. H. Gunnarsson // Mar. Biol. – 1981. – Vol. 63, № 3. – P. 269–275.
17. Hildreth D. I. Bioeston production by *Mytilus edulis* and its effect in experimental systems / D. I. Hildreth // Mar. Biol. – 1980. – Vol. 55, № 4. – P. 309–315.
18. Kholodov V. I. Prognosis for mussel farming influence on the environment basing on the mussel energy budget / V. I. Kholodov // Hydrores. – 1990. – A. VII, № 8. – P. 31–35.
19. Karayuecel S. Estimating the carrying capacity of mussel raft systems in two Scottish sea lochs / S. Karayuecel, L. Karayuecel // Israeli J. Aquacult. – 1998. – Vol. 50, № 1. – P. 12–19.

20. Danovaro R. Sustainable impact of mussel farming in the Adriatic sea (Mediterranean sea): evidence from biochemical, microbial and meiofaunal indicators / R. Danovaro, C. Gambi, G. M. Luna, S. Mirto // *Mar. Poll. Bull.* – 2004. – Vol. 49. – P. 325–333.
21. Tsuchiya M. Biodeposit production by the mussel *Mytilus edulis* L. on Rocky shores / M. Tsuchiya // *J. Exp. Biol. Ecol.* – 1980. – Vol. 47, № 3. – P. 203–222.