

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

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФОРМЫ РАКОВИНЫ
МИДИИ *Mytilus galloprovincialis* Lam.**

Работу выполнила:

Штрунц Александра Сергеевна
учащаяся творческого объединения
«Биология человека» ГБОУ ЦДО
«Малая академия наук», ГБОУ
«Гимназия №1», 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	6
ОСНОВНЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	6
МОЛЛЮСКОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	6
РАЗДЕЛ 2 ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	10
2.1 Характеристика районов исследований.....	10
2.1.1 Бухта Ласпи.....	10
2.1.2 Бухта Мартынова.....	11
2.1.3 Пирей	12
2.1.4 Порт Варна	13
2.1.5 Кача.....	13
2.2 Характеристика объекта исследований	14
2.3 Материал и методы исследований.....	15
2.4 Статистические методы.....	16
РАЗДЕЛ 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	17
3.1 Морфометрические показатели раковин мидий	17
3.2 Индексы соотношений морфометрических показателей.....	18
ВЫВОДЫ.....	23
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	24

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы.

Мидия *Mytilus galloprovincialis* Lam. является одним из наиболее массовых видов двустворчатых моллюсков Чёрного моря. Это активный фильтратор, она получила широкое распространение в прибрежной зоне Чёрного моря вплоть до глубины 80 м. Этот моллюск является объектом промысла и выращивания на морских фермах, а также важной составляющей кормовой базы рыб и беспозвоночных.

Многие популяционные свойства моллюсков считаются интегральными показателями. По значениям этих показателей мы можем судить о том, в какой степени факторы среды благоприятны для вида в данном конкретном местообитании. Накоплено большое количество материала, посвящённого исследованию мидий в качестве индикаторов качества среды. Однако как основные показатели в литературе отмечены исследования физиолого – биохимических характеристик мягких тканей моллюсков, эти характеристики достаточно изменчивы в определённый период времени. При этом уделяется мало внимания биологическому мониторингу консервативных изменений в организме мидий. В данном случае раковина – это наиболее консервативный орган, информация об изменчивости в этом органе сохраняется в течение всей жизни моллюска. Поэтому особенности индивидуального роста раковины несут репрезентативную информацию о среде обитания мидии. Морфологическая изменчивость раковин *M. galloprovincialis*, зависимость их формы от условий внешней среды неоднократно отмечена в литературе, а проведенные исследования показали, что экологические условия играют доминирующую роль в изменчивости формы раковины. Морфометрические характеристики мидий имеют адаптивное значение, поэтому являются удобными

маркерными признаками, учитывая которые можно судить о состоянии окружающей водной среды в условиях антропогенного пресса.

Цель исследования.

Целью настоящей работы является изучение морфологических признаков раковины черноморской мидии, собранной с различных мест обитания, для оценки качества среды и условий обитания.

Для достижения поставленной цели использовались следующие задачи:

- отбор проб раковин мидий с различных мест обитания;
- обработка проб, собранных с разных районов Чёрного моря во время рейса № 105 НИС «Профессор Ковалевский» в 1987 г.
- измерение морфометрических показателей раковин мидий (длина, высота, ширина, вес);
- расчёт морфометрических признаков раковины (вытянутость, или относительная высота, выпуклость, или сагиттальная кривизна, фронтальная кривизна, толщина);
- сравнительный анализ морфометрических показателей раковин мидий из разных мест обитания и рекомендации по использованию этих показателей для оценки качества среды.

Объект исследования – мидия *Mytilus galloprovincialis* Lam.

Материал исследования – раковины моллюсков из разных мест обитания.

Методы исследования – морфометрические, статистический анализ.

Научная новизна полученных результатов. Впервые дана оценка индивидуальной изменчивости морфометрических характеристик мидий из разных районов Черного и Средиземного морей, в том числе культивируемых.

Теоретическое и практическое значение полученных результатов.

Подтверждено, что данные по индивидуальной изменчивости некоторых морфометрических признаков коллекторных мидий можно

использовать при оценке популяционной изменчивости (полиморфизма) этого моллюска.

Величина варибельности морфометрических характеристик мидий, в особенности в районах размещения морских ферм по культивированию моллюсков позволяет дать рекомендации при организации марихозяйств в выбранных акваториях. Использование показателя индивидуальной варибельности толщины раковины мидий может быть предложено как индикатор качества среды.

РАЗДЕЛ 1

ОСНОВНЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЛЛЮСКОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Двустворчатые моллюски семейства *Mytilidae* широко распространены в большинстве морей и океанов Земного шара, а их современная фауна в Мировом океане насчитывает 33 рода. В Черном и Азовском морях всего обитает 90 видов двустворчатых моллюсков, из них только 6 видов относятся к митилидам, и наиболее распространена – средиземноморская *Mytilus galloprovincialis* Lam., которая населяет различные донные биотопы в толще воды от 0 до 55 – 60 м [Зайцев Ю. П. 1992, Холодов В. И., Пиркова А. В., Ладыгина 2010].

Современные авторы показывают [Алпеева, 2003, Жуковская, Кодолова, 1997, Карпевич, 1998], что высокий потенциал изменчивости черноморских мидий позволяет им адаптироваться к различным условиям обитания, в связи с этим они встречаются почти во всех биотопах Азово-черноморского бассейна. Они легко переносят как высокую соленость, так и значительные колебания температуры и загрязненности среды [Иванов, 1989, Заика, Валовая, Повчун, 1990].

Пластичностью называют способность организма переносить резкие, скачкообразные изменения в окружающей среде, и заселять при этом экстремальные биотопы, выживать в более широком диапазоне изменений условий среды, чем в том, где обитает вид, а также популяция [Карпевич, 1998]. Пластичность мидий можно объяснить их хорошей способностью к адаптации как на уровне особи, так и на уровне популяции. Пластичность отдельных особей связана с их индивидуальной изменчивостью, она выражается в частоте встречаемости особей. Частота встречаемости является основой при изучении индивидуальной вариабельности каких-либо признаков. Если под действием факторов окружающей среды изменяются группы организмов, причем в нескольких поколениях, то это говорит о том,

что изменчивость происходит на уровне популяции. Это называется полиморфизмом. Различие между пластичностью и адаптивностью заключается в том, что пластичность помогает выжить особям в стрессовой экологической ситуации, когда они не могут сформировать жизнестойкое потомство или формируют его, угнетая другие функции; адаптивность же помогает выживать в изменившихся или меняющихся условиях среды, при этом сохраняются их морфологические и биологические характеристики, а также способность к воспроизведению [Карпевич, 1998]. Изменчивость какого-либо признака можно выразить в виде коэффициента вариации CV. Этот показатель не зависит от единиц измерения, поэтому с его помощью удобно сравнивать оценки различных выборочных совокупностей [Кокорина, Татаринцев, 2010]. В понятие изменчивость включается разнообразие признаков и свойств у особей и групп особей любой степени родства. Различают такие виды изменчивости: наследственная, или генотипическая, и ненаследственную, или фенотипическая; индивидуальная (исследуют различия признаков отдельных особей) и групповая (сравнивают между собой различные совокупности особей) [Иванов и др., 1989]. Но все же индивидуальная изменчивость лежит в основе любых различий между группами. Даже в пределах близкородственных групп нет особей, которые совершенно идентичны и развиваются в практически одинаковых условиях. Всегда возможно обнаружить хотя бы незначительные морфологические или физиологические различия, которые связаны с обязательными колебаниями условий среды обитания и процессами развития индивидуума.

Предполагают, что *M. galloprovincialis* составляет в Черном море единую популяцию, где особи способны к взаимному скрещиванию [Иванов и др., 1989]. Но некоторые авторы выделяют в Черном море несколько подвидов и даже видов мидий, которые обитают в биотопах, различных по физико-географическим условиям [Дехта, 1987, 2003, Шурова, 2009]. Можно предположить, что физиологические, морфологические и другие признаки у черноморской мидии могут изменяться на уровне особи или популяции.

Скорость роста животных является одним из важнейших интегральных показателей степени благоприятности факторов среды для данного вида в конкретном биотопе [Шурова, 2009].

Показано, что скорость роста *M. galloprovincialis* находится под влиянием разных факторов среды: экологических, генетических механизмов регуляции, а также фенотипических особенностей организма моллюска [Шурова, 2009]. Есть множественные исследования, как влияют экологические факторы среды на рост мидий [Шульман, 1990, Иванов, 2006, Иванов, Решетникова, 1981].

На рост мидий могут влиять как основные факторы среды (температура, наличие и доступность пищи, концентрация кислорода), так и другие, менее значимые. Рост культивируемых мидий зависит от плотности посадки моллюсков в друзе на коллекторе, от места расположения коллектора, а также от скорости течения воды, освещенности [Спичак, 1980]. Известно, что конкуренция в пределах одного вида за ресурсы является важным источником межвидовых разновидностей в росте, продукции организмов.

Совместное действие факторов среды можно проследить не только по росту раковины мидии в длину, но по ее увеличению в двух других основных измерениях – в ширину и высоту. Изменения соотношений между ними могут служить показателем влияния конкретных условий обитания на морфологические особенности животного. Существующее разнообразие форм мидий лишь доказывает роль индивидуальной изменчивости в формировании раковины черноморских мидий под влиянием меняющихся факторов среды.

Морфологическая изменчивость раковин *M. galloprovincialis*, зависимость их формы от условий внешней среды неоднократно отмечались в литературе [Жуковская, Кодолова, 1997, Невская, 1965], а проведенные исследования показали доминирующую роль экологических условий в изменчивости формы раковины [Жуковская, Кодолова, 1997].

Морфометрические характеристики мидий имеют адаптивное значение, поэтому являются удобными признаками - маркерами. Учитывая эти параметры, можно судить о состоянии окружающей водной среды в условиях антропогенного пресса. В этом отношении показательные признаки – аномалии роста и изменение формы раковин моллюсков. Известны данные о том, что при повышенных концентрациях тяжелых металлов, а также нефтепродуктов в среде обитания может наступать угнетение линейного роста мидий, увеличивается частота деформаций их раковин [Дехта, Каталевский, 2000]. Некоторые авторы считают [Дехта, Каталевский, 2000], что внешние показатели раковины мидий можно использовать для оценки состояния окружающей среды. Так как процессы морфогенеза раковины и накопления в них микроэлементов связаны с возрастом моллюсков, то и различные изменения в форме раковины могут одновременно отражать состояние среды за последние 2 – 3 года. Такие данные представляются весьма перспективными, чтобы отслеживать пространственно-временные изменения среды. Известно, что накопление тяжелых металлов в створках мидий может происходить пропорционально их концентрации в морской воде [Павловская, 2007], а изменение формы раковин в значительной мере зависит от действия токсикантов и поллютантов [Брень, 2008, Дехта, Каталевский, 2000]. При изучении изменчивости раковин мидий выделены механизмы адаптации к антропогенному стрессу: увеличение выпуклости (D/L), изменение относительной высоты (H/L) и толщины раковин [Дехта, 2010].

РАЗДЕЛ 2

ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристика районов исследований

2.1.1 Бухта Ласпи

Ласпинская бухта (рис. 1) – одна из бухт Чёрного моря на Южном берегу Крыма; располагается на территории Севастопольского горсовета примерно в 30 км от центра Севастополя и 40 км от Ялты; в 5 км от остановки «Ласпи» 33-го км трассы Севастополь—Ялта

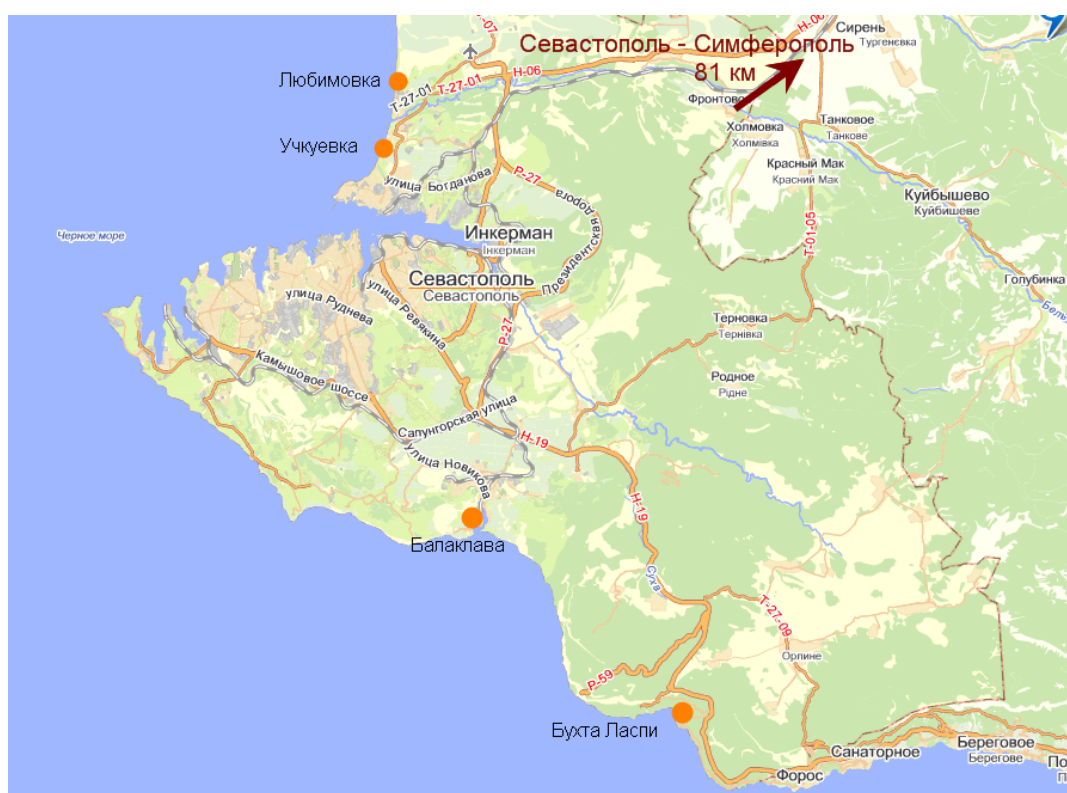


Рисунок 2.1. Район отбора проб – бухта Ласпи

Бухта Ласпи расположена в прибрежной зоне южного берега Крыма между мысами Айя и Сарыч. Бухта полузамкнута, большую часть времени в прибрежье этой бухты формируются устойчивые вдольбереговые течения. Большое влияние на процесс самоочищения морской среды и экологическое состояние этой бухты оказывает хороший водообмен с открытым морем. Воды бухты хорошо обмениваются по всей толще, с хорошей аэрацией, незначительные колебания кислорода показывают хорошую

сбалансированность процессов продукции и деструкции. Это свидетельствует о благоприятных условиях как для обитания природных поселений моллюсков, так и для функционирования мидийного хозяйства в районе бухты Ласпи [Ациховская, Чекменёва, 2002].

2.1.2 Бухта Мартынова

Мартынова бухта (рис. 2) — бухта Севастополя, расположена к западу от Александровской бухты, перед южным заградительным молем. В Мартыновой бухте расположена канализационная станция предприятия «Севгорводоканал». Эта станция, начиная с середины 1990-х годов систематически аварийно сбрасывает неочищенные сточные воды в море (особенно в весенне-летний период).

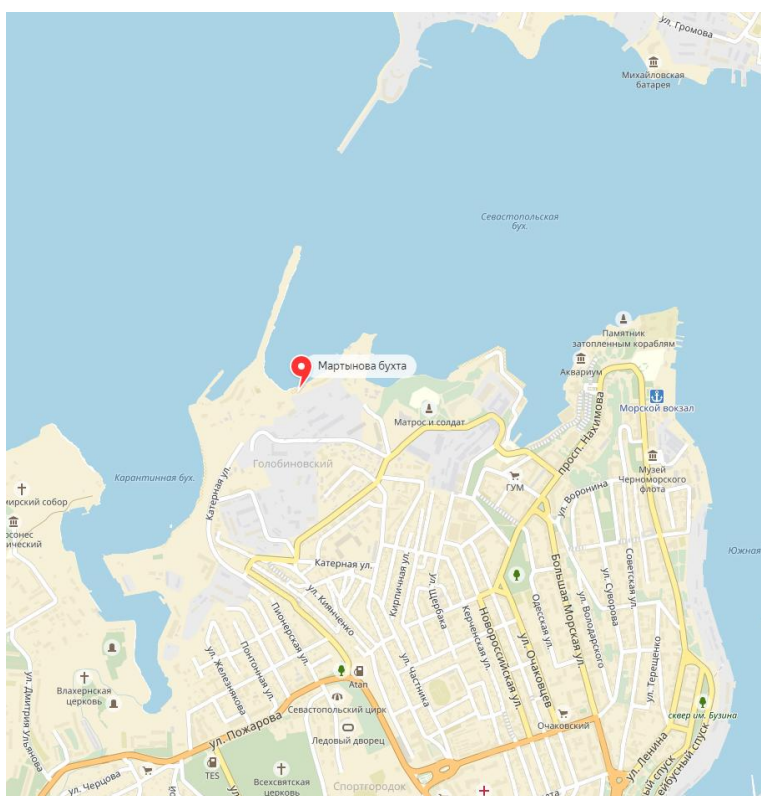


Рисунок 2.2. Район отбора проб – бухта Мартынова

Несмотря на то, что сотрудников Института биологии южных морей неоднократно обращались по этому вопросу в городскую администрацию, Севгорводоканал отрицает факты сброса загрязненных вод. Тем не менее,

научные исследования, проведенные институтом, подтверждают гибель моллюсков и рыб, а также нарушение их эмбрионального развития в условиях существования в водах бухты.

2.1.3 Пирей

Порт Пирей (рис. 3) является крупнейшим греческим морским портом и один из крупнейших в Средиземном море и Европе. Он состоит из нескольких гаваней. В порту периодически производятся дноуглубительные работы.

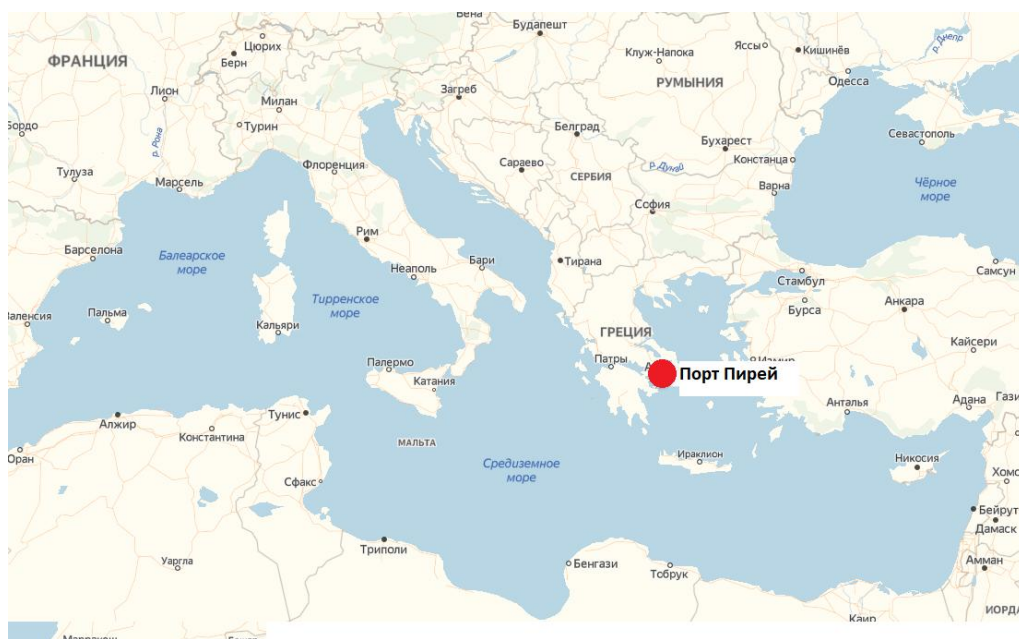


Рисунок 2.3. Район отбора проб – порт Пирей

Основными морскими грузами, ввозимыми через порт, являются нефтепродукты, уголь, железо, зерно, мука, лесоматериалы, машинное оборудование; вывоз — мрамор, табак, цемент, руды, сухофрукты. Жителей Афин и Древней Греции и ранее беспокоило загрязнение акватории порта Пирей. Уже в средние века появились законы об охране окружающей среды. Вода в порту непригодна даже для купания из-за высокого уровня сточных отходов и загрязнения.

2.1.4 Порт Варна

Порт Варна (рис. 4) – главный порт Болгарии на Черном море с грузооборотом более 8 млн. тонн в год. Соединен с морем искусственным каналом глубиной 14 м. Состоит из внутренней гавани, огражденной двумя молами и внешнего рейда. Доступен для судов с осадкой до 7 м. Варна – это многоцелевой порт, оборудованный по последнему слову техники и обладающим специализированными терминалами с непрерывным режимом работы. Порт обрабатывает все виды грузов, включая и жидкие. Тем не менее, основными направлениями порта является обработка зерна, контейнеров, химических и смешанных грузов.

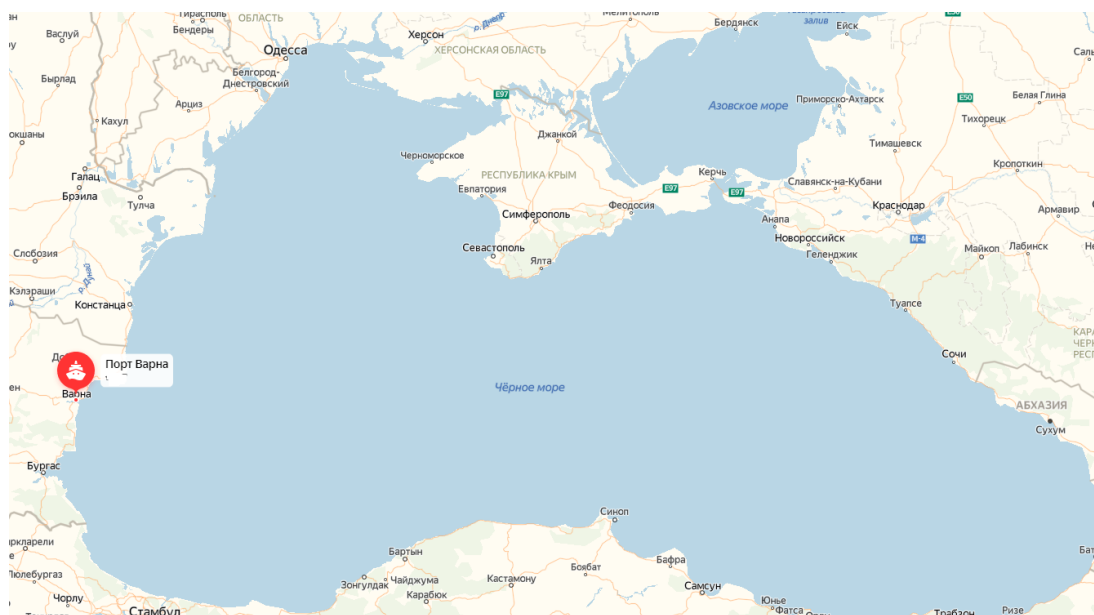


Рисунок 2.4. Район отбора проб – порт Варна

2.1.5 Кача

Гидрохимический режим морского района Качи (рис. 5) определяется динамическими процессами, влиянием загрязнений, поступающих из Севастопольской бухты, стоком рек Бельбек и Кача, а также сбросами хозяйственных сточных вод в узкую прибрежную часть моря. Влияние пресных вод на распределение солености не обнаружено. Концентрации кислорода,

величины биологического потребления кислорода и окисляемости не опускались ниже ПДК. Все это свидетельствует о чистоте данной акватории. Дефицита кислорода в этих водах не отмечено. Концентрации минеральных форм фосфора и азота отмечали типичными для незагрязненных прибрежных вод. Индексы эвтрофикации E-TRIX соответствовали низкому трофическому уровню [Щуров, 2019].

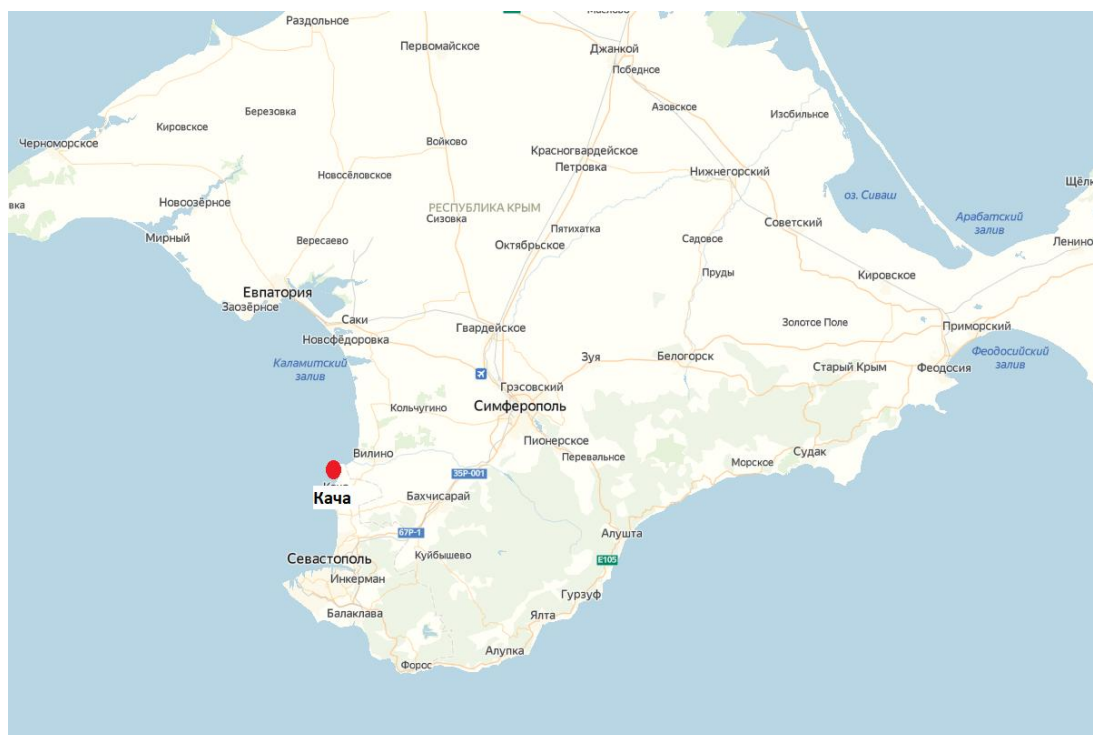


Рисунок 2.5. Район отбора проб – Кача

2.2 Характеристика объекта исследований

В Чёрном и Азовском морях мидия *Mytilus galloprovincialis* Lam. заселяет скальный и иловый биотопы: от 0 м до глубины 80 м. На скалах и камнях мидии образует щетки. На мягком грунте мидия образует друзы, прикрепляясь группами к мелким камешкам и мертвым раковинам. Мидии – это один из основных компонентов в обрастании портовых сооружений и судов. В биоценозе мидиевого ила мидия является доминирующей формой. Распространение вида: Атлантическое побережье Южной Европы (на север до Бискайского залива), Средиземное, Эгейское, Мраморное, Чёрное и Азовское моря [Выращивание мидий и устриц, 2017]. Однако даже при

быстром осмотре раковин мидий одного вида можно легко заметить, что они различаются окраской. Исследователи, работавшие на Чёрном море ещё в 19-ом веке, обратили внимание на то, что мидии, населяющие прибрежные скалы имеют более тёмный цвет раковины (тёмно-коричневый, тёмно-фиолетовый), чем мидии, обитающие на илистом дне на больших глубинах, где преобладают моллюски с раковиной светло-коричневого цвета. Было показано, что окраска раковины – это признак, наследуемый на генетическом уровне и мидии, имеющие разную окраску раковины, все же относятся к одному виду. Коричневые мидии лучше приспособлены к жизни на иловых грунтах, в то время как чёрно-фиолетовые лучше выживают в зоне прибоя, то есть на скалах, а также на мидийных фермах [Марикультура, 2007]. Сроки нереста на Черном море: весенний нерест – март-май, осенний – сентябрь-октябрь, может быть 3-й (зимний) пик нереста - декабрь – январь.

Половой зрелости мидия достигает в возрасте 100—110 суток после оседания на субстрат. Продолжительность жизни 6- 8 лет. Основной пищей являются детрит, протисты, одноклеточные организмы, мелкие беспозвоночные. Мидия является одним из основных объектов культивирования в морях Мирового океана, а *Mytilus galloprovincialis* - единственный из рода *Mytilus* объект выращивания на Черном море.

2.3 Материал и методы исследований

Проводили исследования морфометрических показателей раковины черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam.. Пробы мидий отбирали с мидийной фермы в бухте Ласпи и Мартыновой бухте в октябре 2011 г. А также анализировали раковины мидий, собранных с разных районов Чёрного моря во время рейса № 105 НИС «Профессор Ковалевский» в 1987 г. Для описания раковин мидий использовали следующие параметры: L – длина, H – высота, D – ширина (выпуклость). Измерение этих параметров проводили при помощи штангенциркуля с точностью до 0,01 мм.

На основе этих измерений определяли форму раковины по индексам отношений: высота створки к её длине H/L (вытянутость или относительная высота), ширина к длине D/L (сагиттальная кривизна, выпуклость), ширина к высоте D/H (фронтальная кривизна). Толщину створки раковины на единицу её поверхности рассчитывали по формуле:

$$T=m/L*H,$$

где T – толщина раковины, $г/см^2$, m – масса раковины, г.

Вес раковины мидий определяли на аналитических весах с точностью до 0,001 г.

Всего обработано 150 образцов раковин моллюсков.

2.4 Статистические методы

Полученные данные обработаны статистически. Рассчитывали средние значения, стандартные отклонения, доверительные интервалы и коэффициенты вариации.

РАЗДЕЛ 3

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Морфометрические показатели раковин мидий

Измерив все основные морфометрические показатели моллюсков со всех исследуемых мест обитания, было проанализировано как зависит ширина и высота раковины от её длины. Так как это может является показателем равномерности линейного роста мидий. Построив графики зависимости, можно сделать вывод, что оба показателя, и ширина и высота зависят прямо пропорционально от длины (рис. 3.1). Это видно на графиках и об этом же свидетельствует коэффициент детерминации R^2 , который равен 0,9 и 0,87 что говорит о тесной связи исследуемых признаков.

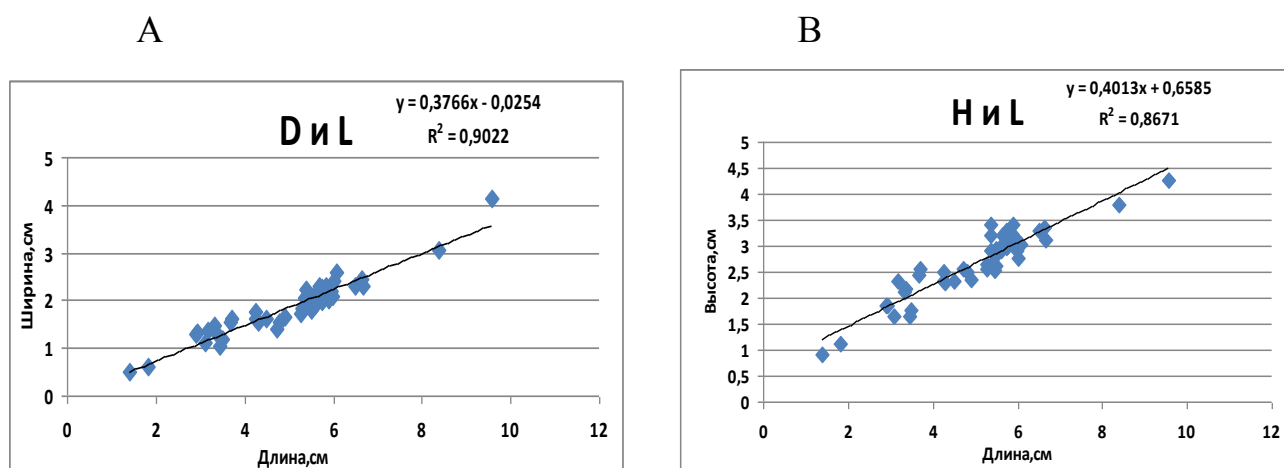


Рисунок 3.1 Зависимость ширины (А) и высоты (В) раковины мидии от её длины

Толщина раковины учитывает значение длины и массы раковины поэтому была проанализирована зависимость толщины раковины от этих значений. Как и ожидалось связь оказалась прямолинейной и тесной (рис. 3.2). Наиболее тесной показана связь между толщиной и массой, коэффициент $R^2 = 0,98$; для толщины и длины $R^2 = 0,74$.

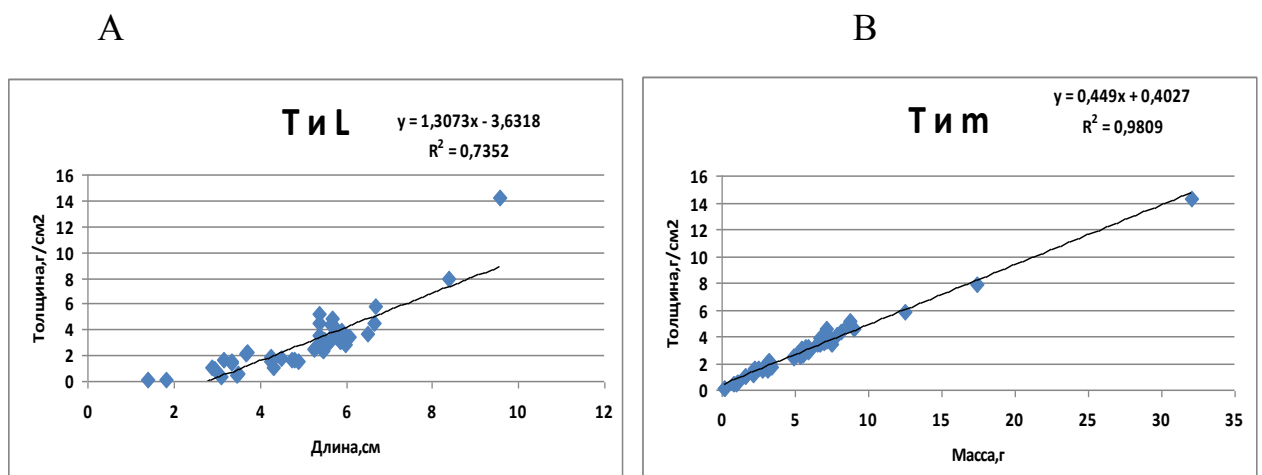


Рисунок 3.2 Зависимость толщины раковины от её длины (А) и массы (В)

3.2 Индексы соотношений морфометрических показателей

Измерив L, H, D раковины, были рассчитаны её толщина и основные показатели выпуклости, вытянутости (относительной высоты) и кривизны. Мы не приводим индивидуальные значения, для каждой станции мы рассчитали средние значения и их ошибки (т.е. стандартное откл.) и сравнили разные станции между собой. Максимальное значение выпуклости отмечено на станции Пирей. На остальных станциях значения выпуклости достоверно не отличались. По вытянутости снова мы видим, что отличилась станция Пирей. Однако различие её с другими станциями незначительно. Фронтальная кривизна колебалась около значений 0,65-0,7. Интересные результаты получены по толщине раковины. Несмотря на то, что мы отбирали для этого параметра моллюсков одной размерной группы 4-6 см., отмечена значительные отличия на разных станциях. И снова отличилась станция Пирей, но уже минимальными значениями. Максимальная толщина раковины показана в Каче и бухте Мартынова.

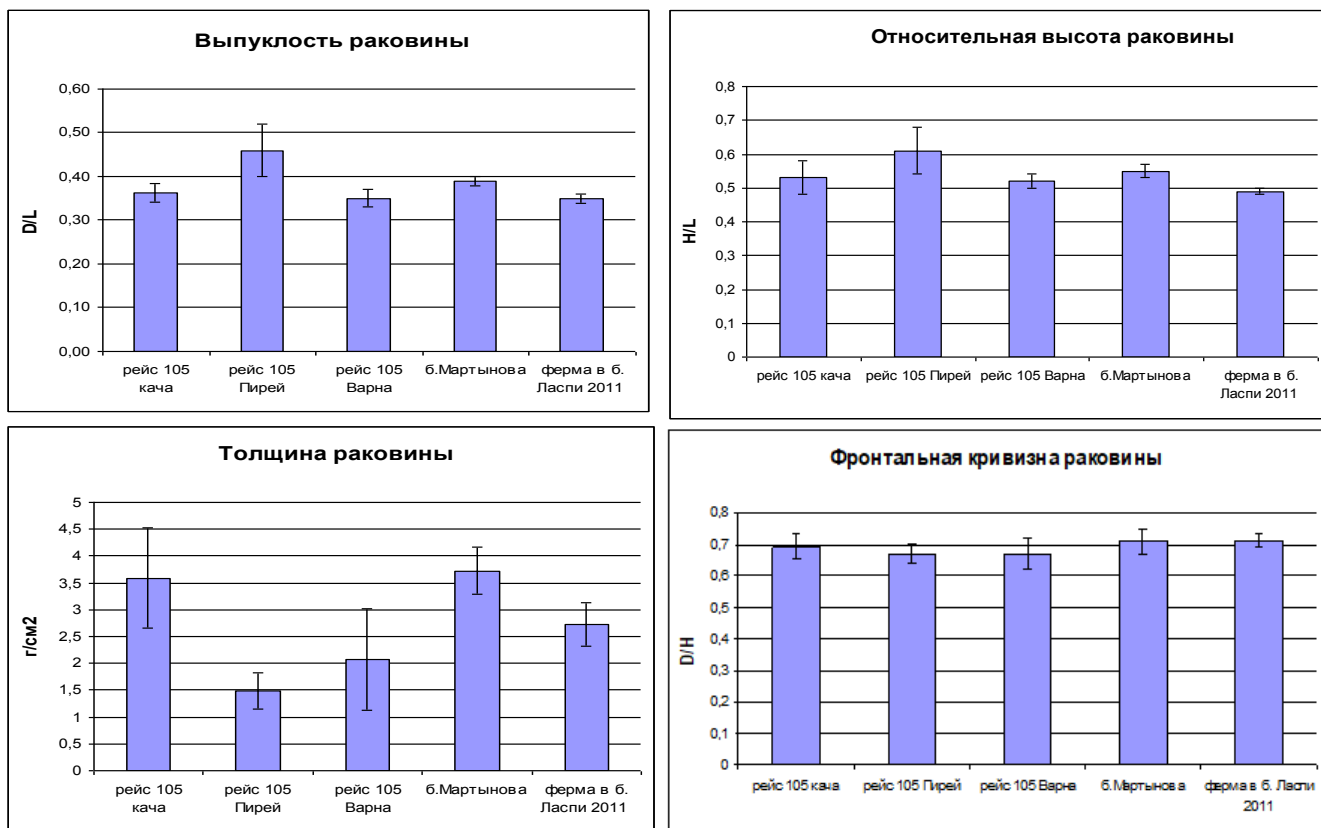


Рисунок 3.3 Морфометрические параметры раковины мидий из различных мест обитания

Проанализировав значения выпуклости, вытянутости (относительной высоты), и кривизны, мы поставили задачу узнать, как зависят эти показатели от длины раковины. Показано, что выпуклость вообще не зависит от длины, а связь между другими показателями и длиной слабая, так как R^2 меньше 0,5 (рис. 3.4). То есть все эти относительные показатели слабо зависят от размера, а, следовательно, и возраста моллюска.

Таким образом, на форму раковины влияют внешние причины, такие как изменение экологических условий, загрязнение.

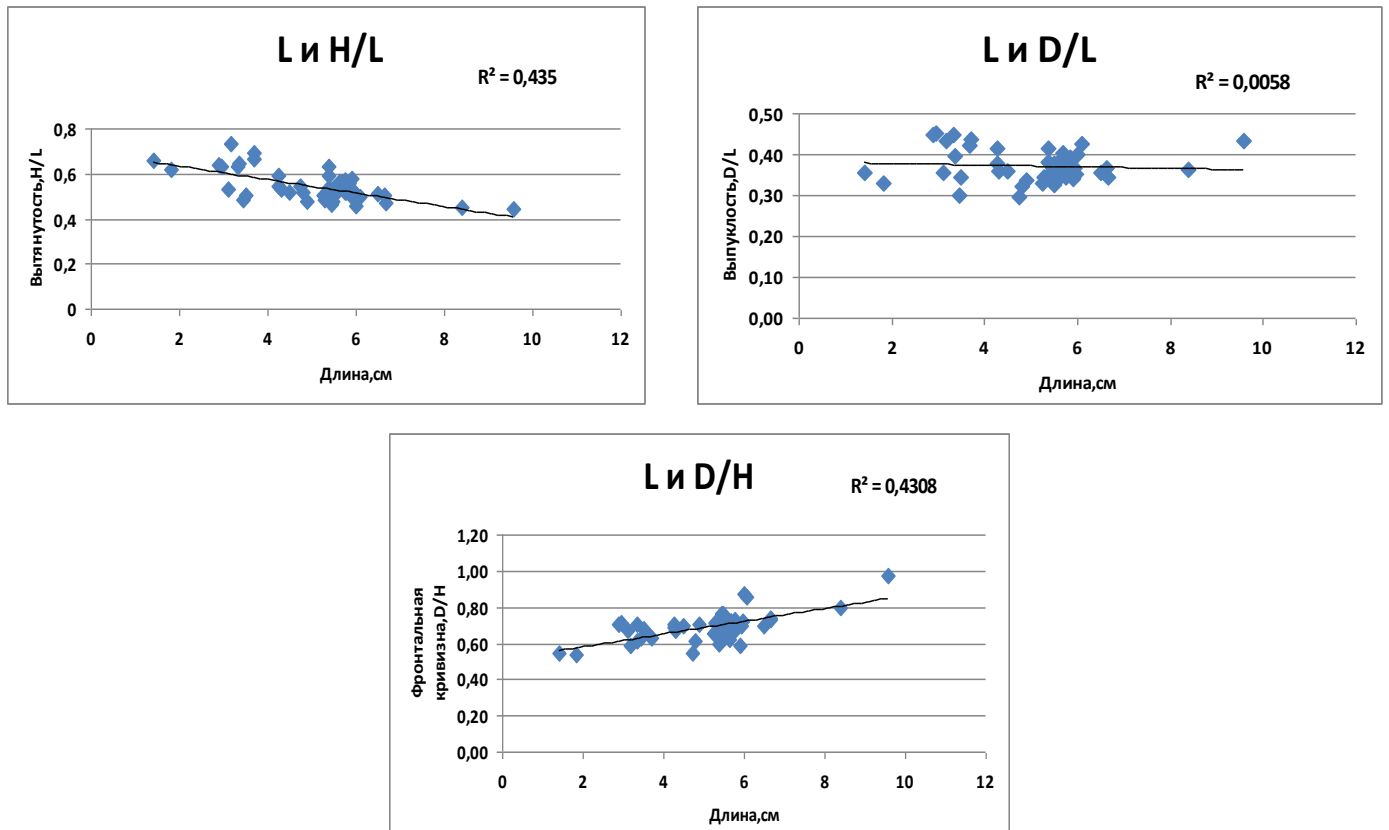


Рисунок 3.4 Зависимость вытянутости(H/L), выпуклости(D/L) и фронтальной кривизны (D/H) раковины от её длины

Высота раковины мидии по отношению к её длине изменяется в онтогенезе по принципу отрицательной аллометрии. С увеличением длины раковины отношение H/L у мидий уменьшается. Толщина створки в процессе индивидуального развития у мидий изменяется по принципу положительной аллометрии. В процессе роста масса створок изменяется по принципу отрицательной аллометрии [Варигин, 2009].

Известно, что мидии, собранные с песчано-илистого дна, имеют более низкие средние значения длины и высоты особей каждого возрастного класса, чем мидии, выросшие на металлическом якорю.

Согласно проведённым ранее исследованиям в экспериментальных условиях, у мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. на скальном и песчаном грунте толщина раковины существенно выше, по сравнению с мидиями, обитающими на илистом грунте [Варигин, 2009].

Признаки, связанные с длиной раковины, не влияют друг на друга, они являются независимыми составляющими единого целого – раковины моллюска.

Появление аномально выпуклых раковин в загрязнённых акваториях говорит о том, что изменчивость показателя D/L определяется физиологическим механизмом [Челядина, 2018]. Из литературных данных известно, что аккумулярованные в раковине тяжёлые металлы вызывают аномальное увеличение выпуклости раковины скальных черноморских мидий [Дехта, 2002].

Аномальное увеличение выпуклости и толщины створок в подверженных загрязнению районах может быть вызвано угнетением линейного роста раковины и увеличением скорости осаждения карбоната под влиянием различных составляющих антропогенного загрязнения [Варигин, 2009].

Известно, что мидии способны плотно закрывать створки при неблагоприятных условиях и, используя гликолиз, длительное время жить в анаэробных условиях, тем самым они избегают аноксии и воздействия токсических веществ [Фокина, 2011]. Можно предположить, что в неблагоприятных экологических условиях, которые заставляют мидий прибегать к анаэробному дыханию чаще, этот показатель будет выше. Так, например, в Керченском проливе в его прибрежной зоне H/L выше, чем на глубине [Полупанов, 2015]. При антропогенном загрязнении морской среды уменьшается как длина, так и индекс H/L моллюска *M. galloprovincialis* из естественных поселений [Дехта, 2002]. Ранее для мидий Мартыновой бухты показано, что мелкие моллюски особенно чувствительны к неблагоприятным условиям среды обитания, индекс H/L у них возрастал в пределах 0,63 – 0,68 [Челядина, 2009].

В прибрежных зонах крупных портов, где высока техногенная нагрузка, этот индекс также выше, чем в относительно чистых районах Чёрного моря.

Предполагают, что биологический смысл наблюдаемого явления состоит в том, что увеличение индекса Н/Л раковины как-то связано со снижением энергетических затрат, когда моллюск длительном удерживает створки в закрытом состоянии.

Аномалии роста и изменение формы раковин моллюсков являются показательными в этом отношении признаками. Известны данные о том, что повышенные концентрации тяжелых металлов и продуктов нефтепереработки в водной среде могут угнетать линейный рост мидий, увеличивать частоту деформаций их раковин [Дехта, 2000].

Таким образом, морфометрические параметры мидий имеют адаптивное значение, поэтому являются удобными маркерными признаками при оценке состояния окружающей водной среды в условиях антропогенного воздействия, особенно с учетом того, что мидия *Mytilus* sp. входит в перечень видов-«мишеней» – организмов, которые используются как биоиндикаторы состояния окружающей водной среды по данным «International Council for the Exploration of the Sea» [Davies, 2012, Kuznetsova, 2015].

ВЫВОДЫ

1. Ширина и высота раковины черноморской мидии зависят от её длины.
2. Толщина раковины мидий прямо пропорционально связана с её длиной и массой.
3. При исследовании формы раковины мидий из разных районов обитания выпуклость и вытянутость была максимальной у мидий из порта Пирей, а толщина раковины – у мидий из акватории близ поселка Кача и из бухты Мартыновой.
4. Показатели формы раковины (выпуклость и вытянутость) не зависят от её длины, а, следовательно индивидуальных параметров, и могут быть использованы в качестве индикаторов состояния среды.
5. Морфометрические параметры мидий имеют адаптивное значение, поэтому являются удобными маркерными признаками при оценке состояния окружающей водной среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алпеева И. Г. Структура природных популяций мидий (*Mytilus galloprovincialis* Lam) восточной части Чёрного моря, выявляемая методами системного морфометрического анализа. Диссертация на соискание степени канд. биол. наук : спец. 03.00.32 «Биологические ресурсы». – Краснодар, 2003. – 19 с.
2. Ациховская Ж. М., Чекменёва Н. И. Оценка динамической активности вод района бухты Ласпи // Экология моря. – 2002. – Вып. 59. – С. 5–8.
3. Брень Н. В. Биологический мониторинг и общие закономерности накопления тяжёлых металлов пресноводными донными беспозвоночными // Гидробиол. журн. – 2008 – Т. 44, № 2 – С.96–115.
4. Дехта В.А. Анализ консервативной изменчивости средиземноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* – надёжный метод индикации качества среды прибрежья Чёрного моря // Современные проблемы физиологии и экологии морских животных (рыбы, птицы, млекопитающие) : мат. междунар. семинара. 11 - 13 сент., 2002 г. – Ростов н/Д, 2002. – С. 58 - 61.
5. Дехта В.А., Каталевский Н.Н. Содержание химических элементов в раковинах и изменчивость их формы у мидий *Mytilus galloprovincialis* прибрежной зоны Чёрного моря // Геоэкол. исслед. и охрана недр. – 2000. – № 3. – С. 26 - 33.
6. Жуковская Е.А., Кодолова О.П. Взаимосвязь цветового полиморфизма и морфологических признаков у раковин черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. // Вісник Житомир. пед. унів. – 2002. – Вип. 10. – С. 43–46.
7. Зайцев Ю. П. Экологическое состояние шельфовой зоны Чёрного моря у побережья Украины (Обзор) // Гидробиол. журн. – 1992. – Т. 28, № 4. – С. 3–18.

8. Иванов А. И., Решетникова В. Н., Крук Л. Г. Оседание и рост мидий на коллекторах у западных берегов Крыма // Эколого-физиологические основы аквакультуры на Черном море. – М., 1981. – С. 100–105.
9. Кокорина Н. В., Татаринцев П.Б. Методические вопросы выбора тест-объектов биоиндикации с использованием алгоритма сравнения коэффициентов вариации // Вестник Томского гос. универ. Биология. – 2010. – № 3 (11). – С. 141–151.
10. Павловская В. В. Экологические аспекты реакции моллюсков *Dreissena Polymorpha* (Pallas, 1771) на действие ионов тяжелых металлов : автореф. дисс. на соискание учёной степени канд. биол. наук : спец. 03.00.16
11. Шульман Г.Е., Финенко Г.А., Аннинский Б.Е. и др. Биоэнергетика гидробионтов // К.: Наук. думка, 1990. – 248 с.
12. «Экология» / В. В. Павловская. – Калининград, 2007. – 25 с.
13. Биология культивируемых мидий. / В. Н. Иванов, В. И. Холодов, М. И. Сеничева и др. // К.: Наук. думка, 1989. – 100 с.
14. Варигин А.Ю. Изменение формы раковины черноморской мидии в процессе адаптации к условиям среды обитания // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2003. – № 9. – С. 277–283.
15. Дехта В. А. Дефицит гетерозигот и причины его образования в популяции мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. Азовского моря // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоёмов Азово-Черноморского бассейна: Сб. научн. тр., Ростов-на -Дону, АзНИИРХ. – 1998. – С. 307 – 311.
16. Дехта В. А. Метод индикации и оценки техногенной нагрузки на основе системного анализа изменчивости раковины мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоёмов Азово-черноморского бассейна. Сб. науч. трудов – М. 2002. С. 61 – 71.

17. Дехта В. А. О полиморфизме окраски раковины мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. // Эволюция морских экосистем под влиянием вселенцев и искусственной смертности фауны : тез докл. междунар. конф. – Ростов-на-Дону, 2003. – С. 75–77.
18. Дехта В. А. Экологическая генетика мидии Азовского моря // Генетические исследования морских гидробионтов. – М., 1987. – С. 216–227.
19. Жуковская Е.А., Кодолова О.П. О временной динамике генетической изменчивости черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. // Известия РАН. Сер. биол. – 1997. – № 3. – С. 295–302.
20. Иванов М. В. Влияние хозяйств промышленного выращивания мидий на естественные экосистемы в условиях Белого моря : автореф. дисс. на соискание учёной степени канд. биол. наук : спец. 03. 05. 06. – Санкт-Петербург. – 2006. – 24 с.
21. Карпевич А. Ф. Биологические основы марикультуры / Под ред. Душкиной Л. А. – М.: ВНИРО, 1998. – С. 78–100.
22. Митилиды Чёрного моря / В. Е. Заика, Н. А. Валовая, А. С. Повчун, и др. – К. – : Наук. думка, 1990. – 208 с.
23. Невская Л. А. Позднечетвертичные двустворчатые моллюски Чёрного моря, их систематика и экология / Л. А. Невская – М.: Наука, 1965. – Т. 105. – 386 с.
24. Полупанов В.Н., Мисарь М.А. Метод морфометрического анализа раковин двустворчатых моллюсков с учетом анизометрии линейных размеров (на примере черноморской мидии) // Труды ЮгНИРО. – 2015. – Т. 53. – С. 60-74.
25. Рябушко В. И., Щуров С. В., Ковригина Н. П., Лисицкая Е. В., Поспелова Н. В. Комплексные экологические исследования прибрежной зоны западного Крыма с целью выбора места размещения морской фермы (Чёрное море) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. Вып. 2. С. 67-77

26. Спичак С. К. Биологические аспекты выращивания мидий в Азовском море / С. К. Спичак // Гидробиол. журн. – 1980. – 16, № 2. – С. 47–53.
27. Спичак С. К. Распределение в прибрежной зоне и рост азовской мидии / С. К. Спичак // Гидробиол. журн. – 1980. – 16, № 2. – С. 112 – 114.
28. Фокина Н.Н., Нефедова З.А., Немова Н. Н. Биохимические адаптации морских двустворчатых моллюсков к аноксии (обзор) // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2011. - № 3. – С. 121-130.
29. Холодов В. И., Пиркова А. В., Ладыгина Л. В. Выращивание мидий и устриц в Чёрном море // под ред. В. Н. Еремеева; НАНУ ИнБИОМ им. Ковалевского. – Севастополь. – 2010.– 424 с.
30. Челядина Н.С., Попов М.А. Сравнительный анализ морфометрических характеристик мидии *Mytilus galloprovincialis*, из различных районов обитания (Крым, Чёрное море) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2018. - № 2. – С. 264-269.
31. Челядина Н.С., Смирнова Л.Л. Вариабельность морфометрических показателей и содержания меди в раковинах коллекторных *Mytilus galloprovincialis* Lam. // Экология моря. – 2009. – Вып. 78. – С. 70-74.
32. Шурова Н. М. Структурно-функциональная организация популяции мидий *Mytilus galloprovincialis* Чёрного моря : автореф. дис. на соискание науч. степени докт. биол. наук : спец. 03. 00. 17 «Гидробиология» / Н. М. Шурова. – Севастополь, 2009. – 41 с.
33. Davies I. M. and A. D. Vethaak Integrated marine environmental monitoring of chemicals and their effects // ICES Cooperative Research Report – 2012. – No. 315. – 277 p.
34. Kuznetsova T.V., Kholodkevich S.V. Comparative assessment of water quality through the evaluation of cardiac responses of native mussels // 4rd Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO. IEEE conference publications. – 2015. Budva, Montenegro. – P. 339–344.