

Департамент образования и науки города Севастополя
Государственное бюджетное образовательное учреждение
Центр дополнительного образования «Малая академия наук»
Центр выявления и поддержки одаренных детей
города Севастополя «Альтаир»

Номинация: Зоология и экология беспозвоночных животных

**МОНИТОРИНГ ПОСЕЛЕНИЙ СРЕДИЗЕМНОМОРСКОЙ МИДИИ
MYTILUS GALLOPROVINCIALIS В ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ
СЕВАСТОПОЛЯ**

Работу выполнила:

Соловьева Виктория Тимофеевна,
учащаяся творческого объединения
«Экотоксикология» ГБОУЦДО
«Малая академия наук»,
ГБОУ Гимназия № 1, 9 класс;

Научный руководитель:

Скуратовская Екатерина
Николаевна, педагог
дополнительного образования,
руководитель творческого
объединения «Экотоксикология»
ГБОУ ЦДО «Малая академия
наук», к.б.н., вед.н.с. ФИЦ ИнБЮМ

Севастополь 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	6
РАЗДЕЛ 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	7
2.1. Характеристика районов исследований.....	7
2.2. Характеристика объекта исследований.....	8
2.3. Биологический анализ мидий	9
2.4. Расчет морфометрических показателей створок моллюсков	10
2.5 Расчет физиологических индексов моллюсков.....	10
2.6 Определение содержания углеводов в мягких тканях моллюсков.....	11
2.5 Статистическая обработка данных.....	11
РАЗДЕЛ 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.....	12
3.1. Сравнительный анализ физиологических индексов мидий из разных акваторий.....	12
3.2. Морфометрические показатели створок мидий из разных акваторий.....	14
3.3. Содержание нефтяных углеводов в мягких тканях мидий из разных акваторий.....	16
ВЫВОДЫ	19
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	20

ВВЕДЕНИЕ

Обоснование и анализ актуальности выбранной темы. Активное использование прибрежных районов в комплексе с хроническим загрязнением неизбежно приводит к истощению биологических ресурсов и ухудшению состояния биоты. В результате хозяйственной деятельности человека в море попадают сточные воды, содержащие отходы производства и коммунального хозяйства, стоки с сельскохозяйственных угодий и сливы морского транспорта. Все это приводит к аккумуляции токсических веществ в донных отложениях, появлению зон гипоксии и эвтрофикации. Поллютанты поглощаются и аккумулируются в органах и тканях морских обитателей, вызывая нарушение обменных процессов, интоксикацию, патологические изменения в органах и гибель [3, 6, 8, 9].

Употребление таких гидробионтов (морепродуктов) может быть опасно для здоровья человека из-за накопления в них токсических веществ, например тяжёлых металлов, пестицидов, полихлорированных бифенилов (ПХБ), диоксинов. Некоторые токсиканты могут накапливаться в морских обитателях из-за особенностей их образа жизни [8, 9, 17]. К таким организмам относятся двустворчатые моллюски, широко распространённые в Мировом океане и устойчивые к кратковременным изменениям условий. Они вносят существенный вклад в процессы функционирования морских прибрежных экосистем, фильтруют большие объёмы воды, что помогает поддерживать чистоту и прозрачность водной среды. Однако двустворчатые моллюски обладают высокой способностью концентрировать в тканях различные токсиканты без явных патологических изменений, что делает их, с одной стороны, надёжными индикаторами качества среды обитания, а с другой, потенциально опасными для здоровья человека морепродуктами [8, 9, 17].

Распространённым представителем двустворчатых моллюсков является средиземноморская мидия *Mytilus galloprovincialis*. Этот вид широко используется в экологическом мониторинге. Во многих сообществах является доминирующим видом и одним из важнейших объектов аквакультуры в умеренных водах Мирового океана. *M. galloprovincialis* преобладает и в сообществах макрозообентоса севастопольских бухт. Мидии населяют различные донные биотопы от уреза воды до глубин 55–60 м, встречаются как на естественных, так и на искусственных субстратах [2, 7, 8, 9, 10, 12, 13].

Учитывая тот факт, что мидия является объектом любительского лова и аквакультуры Севастопольского региона, характеризующегося высоким уровнем загрязнения прибрежных акваторий, исследование состояния поселений моллюска в различных районах города представляет несомненный интерес как для анализа их экологического состояния, так и для оценки пищевой безопасности мидий. Особенно актуален в настоящее время анализ содержания нефтяных углеводородов в тканях моллюсков в связи с аварией в Керченском проливе в декабре 2024 г.

На основании вышеизложенного, **цель работы** заключалась в оценке состояния средиземноморской мидии в различных бухтах г. Севастополя. Были поставлены следующие **задачи**:

- Исследовать морфометрические показатели раковины мидии.
- Провести сравнительный анализ физиологических индексов мидии.
- Проанализировать содержание углеводов, включая углеводороды нефти, в мягких тканях мидии.
- Выявить параметры, наиболее чувствительные к условиям обитания.

Объект исследования – морфометрические показатели створок и физиологические индексы мидии, углеводороды в мягких тканях мидий.

Предмет исследования – изменение морфометрических показателей створок и физиологических индексов мидии, содержания углеводов (УВ) в мягких тканях в зависимости от условий обитания.

Методы исследования. Малакологические методы – биологический анализ мидий, расчет морфометрических показателей створок (вытянутость, выпуклость) и физиологических индексов (индекс гепатопанкреаса (ИГ), индекс жабр (ИЖ), индекс упитанности (ИУ), индекс состояния (ИС), выход мяса (ВМ) статистический анализ полученных результатов. Хроматографический метод определения содержания УВ в мягких тканях моллюсков.

Научная новизна полученных результатов. Впервые исследован комплекс физиологических индексов средиземноморской мидии *M. galloprovincialis* из акваторий г. Севастополя с разным уровнем загрязнения в комплексе с анализом содержания УВ в мягких тканях. Выявлены наиболее информативные показатели для оценки состояния мидий и среды их обитания.

Практическое значение полученных результатов. Результаты работы представляют интерес для разработки мониторинговых программ, в частности для биоиндикации прибрежных акваторий Севастополя с использованием показателей *M. galloprovincialis*, а также для оценки состояния мидии в районах любительского лова и марикультуры и качества мидийной продукции.

Личное участие. Автор принимал активное участие в биологическом анализе моллюсков. Автором были рассчитаны физиологические индексы мидий из акваторий г. Севастополя с разным уровнем загрязнения, выполнен анализ содержания углеводов в мягких тканях, статистический анализ полученных данных, проанализированы результаты исследований, подготовлен проект.

Работа содержит 21 страницу, 13 иллюстраций, 19 источников.

РАЗДЕЛ 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Применяемые в настоящее время методы физико-химического анализа качества морской среды не позволяют оценить состояние прибрежных экосистем, так как отражают ситуацию непосредственно в период взятия проб и не дают возможности определять все известные и искать неизвестные виды загрязнителей водной среды. Поэтому для комплексной оценки экологического состояния водоемов, водотоков и их водосборов, находящихся под воздействием целого комплекса разнообразных антропогенных воздействий, совершенно необходимо использование методов биологического анализа, наиболее полно отражающих качество окружающей природной среды. В комплексном экологическом мониторинге состояния окружающей среды гидробиологический мониторинг водных объектов является важной составляющей. В основе гидробиологического мониторинга лежат исследования по биоиндикации с целью наблюдений, оценки и прогноза состояния водных экосистем в условиях все усиливающегося антропогенного пресса. Применение данного подхода требует подбора биоиндикаторных видов и информативных показателей, по которым можно оценить степень нарушения биологических функций гидробионтов в условиях многофакторного антропогенного прессинга [6, 8, 9, 16].

Индикаторами в биологических методах являются различные живые организмы, их органы и ткани, физиологические функции, биохимические реакции и т.д. Донные беспозвоночные и их сообщества являются чувствительными индикаторами загрязнения биогенными и токсическими веществами, закисления и эвтрофикации водных объектов. Структурные и функциональные характеристики зообентоса являются перспективным элементом системы мониторинга загрязнения поверхностных вод и позволяют определить экологическое состояние и трофический статус водных объектов; оценить качество поверхностных вод как среды обитания организмов; определить совокупный эффект комбинированного действия загрязняющих веществ; локализовать источник загрязнения; установить тип загрязнителей и возникновение вторичного загрязнения вод [2, 6, 8, 9, 10].

Зообентос – один из важнейших элементов экосистем континентальных водоемов и водотоков. В состав зообентоса входят наиболее долгоживущие группы гидробионтов моллюски и олигохеты, продолжительность жизни которых достигает 6 лет, причем на их долю приходится большая доля биомассы зообентоса на многих водоемах и водотоках. Такие долгоживущие компоненты биоты являются хорошими индикаторами хронического загрязнения и устойчивости экосистемы. Зообентос в наибольшей степени подвержен влиянию химического загрязнения, так как обитает непосредственно в придонной части, где оседают и накапливаются различные токсиканты. В объектах питания бентосных организмов содержание токсических веществ повышено вследствие их поступления из придонных слоёв воды и грунта [2].

Доминирующим видом в сообществах макрозообентоса севастопольских бухт является мидия *Mytilus galloprovincialis*. За счет высокой фильтрационной активности мидия обладают повышенной способностью к накоплению токсикантов. Ряд авторов отмечают положительную корреляцию между содержанием УВ в бентосных организмах и местах их обитания - донных осадках. Поэтому довольно часто предлагается использовать различные бентосные организмы (в частности, двустворчатые моллюски) в качестве тест-объектов при мониторинге загрязнения морской среды. Морфофизиологические и биохимические показатели мидий наиболее полно отражают качество водной среды и их реакцию на весь комплекс негативного влияния в целом [2, 8, 9, 10, 12, 13, 16, 17].

Биохимические адаптации направлены на сохранение целостности и функциональной активности макромолекул и надмолекулярных комплексов (мембран, хромосом, рибосом), на обеспечение организма источниками энергии и питательными веществами, используемыми для биосинтеза белков, нуклеиновых кислот, углеводов и липидов; на поддержание регуляторных механизмов обмена веществ и его изменений в зависимости от непостоянных условий [6, 8, 9].

РАЗДЕЛ 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Характеристика районов исследования

Для проведения исследования были выбраны 3 севастопольские акватории с разным уровнем загрязнения: бухта Карантинная (мидийно-устричная ферма), бухта Южная, бухта Камышовая (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 - Районы исследований

Выбранные локации различаются по водообмену, стратификации, и особенно по степени антропогенного воздействия на них. Выбор районов исследований был обусловлен тем, что они характеризуются разным уровнем загрязнения и являются районами любительского лова мидий.

Мидийно-устричная ферма расположена в открытой акватории Карантинной бухты и более 20 лет функционирует как ферма по выращиванию мидий и устриц. Многочисленные исследования гидролого-гидрохимических и гидробиологических параметров показали, что данный район является благоприятным для выращивания двустворчатых моллюсков и

функционирования марихозайства, что имеет большое социально-экономическое значение для региона [7, 10].

Южная и Камышовая бухты являются одними из самых загрязненных в системе севастопольских бухт.

В Южной бухте обнаружены зоны повышенного содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов, связанные с высокой антропогенной нагрузкой. В бухте базируются военные корабли.

Б. Камышовая также характеризуется повышенными уровни органических веществ, нефтепродуктов, тяжелых металлов в донных осадках. Задokumentированы случаи локальных загрязнений — например, связанных с брошенными судами [8, 9].

2.2 Характеристика объекта исследований

Объектом исследования служила мидия *M. galloprovincialis* — двустворчатый моллюск из семейства митилид (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Средиземноморская мидия *Mytilus galloprovincialis*

Ареал и аквакультура

Дикие популяции: Средиземноморская мидия широко распространена в прибрежьях Средиземного и Чёрного морей и Северной Атлантики. Её природный ареал простирается от побережий Марокко и Испании до южных берегов Франции и включает северные части Средиземного и Чёрного морей. Вид настолько адаптирован к тёплой воде, что в умеренных регионах побережья США и Азии *M. galloprovincialis* успешно конкурирует с местными видами рода *Mytilus*, часто вырастает быстрее и широко вытесняет их. Интродукции этого вида были задokumentированы на Тихоокеанском побережье США, в Японии, Южной Африке и ряде других регионов [14, 15].

Аквакультура: Вид культивируется во многих странах. Традиционно главными производителями являются Галисия (северо-запад Испании) и побережье Франции и Италии, но также имеется крупное разведение в Китае, Южной Африке и Черноморском регионе. Мидий выращивают преимущественно в умеренных солёных водах (температура ~10–20 °С, солёность ≈34‰; например, при устьях рек Галисии). Растительные плоты и подвесные верёвки с мидиями

размещают в защищённых заливах и эстуариях с сильным течением и богатыми питательными веществами (вода высокого качества и продуктивность планктона улучшают рост мидий). Пример аквакультуры приведен на рисунке 2.3 [11].

Экологическая роль в экосистеме

Фильтратор: как активные фильтраторы, мидии улавливают и перерабатывают большие объёмы воды, удаляя из неё водоросли, бактерии и органические взвеси. Это улучшает прозрачность воды и качество среды обитания. При сборе урожая мидий уносятся из экосистемы избыточные питательные вещества (азот, фосфор), что также снижает вероятность эвтрофикации. Исследования доказывают, что мультиплицированные мидиевые фермы способны очищать воду на локальном уровне, особенно в сочетании с другими водорослями (например, выращивание мидий вместе с треской и ламинариями давало заметное улучшение качества воды) [2, 9].

Пищевой ресурс

Мидии служат пищей для разнообразных хищников – от птиц (морские чайки) до рыб и ракообразных. Так, в районах с высокой плотностью *M. galloprovincialis* изучали переход питания у красноклювого морского кулика-сороки, который переключился на поедание этих мидий и увеличил свою плодовитость [14, 15].

Биоиндикатор

Благодаря малоподвижности и способности накапливать загрязняющие вещества, мидии широко используются для мониторинга состояния воды. Они накапливают тяжёлые металлы и органические загрязнители из окружающей воды, отражая уровень антропогенной нагрузки [2].

2.3 Биологический анализ моллюсков

Моллюсков собирали в октябре 2025 г. В лаборатории проводили биологический анализ одноразмерных мидий со средней длиной раковины 65 мм. Длину (L), ширину (D), высоту (H) раковины моллюсков определяли при помощи штангенциркуля (с точностью до 0,01 мм) (Рис. 2.3).



Рисунок 2.3 - Штангенциркуль цифровой

Массу (m) целого моллюска, массу всех мягких тканей, гепатопанкреаса, жабр при помощи весов ВЛ-124 (дискретность 0,0001, класс точности I) (Рис. 2.4).



Рисунок 2.4 - Весы ВЛ-124

Размерно-массовые характеристики исследованных моллюсков представлены в таблице 2.1

Таблица 2.1

Размерно-массовые характеристики моллюсков из трех районов

Район	L, мм	D, мм	H, мм	m, г
б. Карантинная (ферма)	65,35±1,04	24,26±0,64	34,04±0,57	19,37±0,70
б. Камышовая	65,77±1,06	25,09±0,39	34,82±0,58	22,11±0,70
б. Южная	64,29±1,40	24,48±0,65	34,05±0,61	19,00±1,67

2.4 Расчет морфометрических показателей створок моллюсков

Для определения формы раковины рассчитывали индексы отношений

- высота створки к её длине H/L (вытянутость),
- ширина к длине D/L (выпуклость) [10].

2.5 Расчет физиологических индексов моллюсков

Рассчитывали следующие физиологические индексы [10]:

- Индекс гепатопанкреаса (ИГ)
- Индекс жабр (ИЖ)
- Индекс упитанности (State index) (ИУ)
- Индекс состояния (Condition index) (ИС)
- Выход мяса (Meat yield) (ВМ)

Индексы вычисляли по следующим формулам:

$$\text{ИГ} = \left(m_{\text{геп}} / m_{\text{мяг. тканей}} \right) \cdot 100\%$$

$$\text{ИЖ} = \left(m_{\text{жаб}} / m_{\text{мяг. тканей}} \right) \cdot 100\%$$

$$\text{ИУ} = \left(m_{\text{мяг. тканей}} / m_{\text{створок}} \right) \cdot 100\%$$

$$\text{ИС} = \left(m_{\text{мяг. тканей}} / V_{\text{раковины}} \right) \cdot 100, \text{ усл. ед.}$$

$$\text{ВМ} = \left(m_{\text{мяг. тканей}} / m_{\text{мидии}} \right) \cdot 100\%$$

2.6 Определение содержания углеводов в мягких тканях моллюсков

Содержание нефтяных углеводов в мидиях определяли газохроматографическим методом. Пробоподготовку проводили по методике Ларина [5]. Измельченные ткани моллюсков гомогенизировали с сульфатом натрия и трижды экстрагировали гексаном. Объединенные экстракты пропускали через стеклянную колонку, заполненную оксидом алюминия, для отделения полярных соединений. Пробу концентрировали до 1 мл при комнатной температуре. Определение качественного и количественного состава УВ производилось на базе НОЦКП «Спектрометрия и хроматография» ФИЦ ИнБЮМ на хроматографе «Кристалл 5000.2» с пламенно-ионизационным детектором (ПИД).

2.5 Статистическая обработка данных

Статистическую обработку данных проводили по Лакину (1990) [4]. Вычисляли среднее арифметическое (M), стандартное отклонение (σ), ошибку среднего арифметического (m). Достоверность различий между выборками оценивали с применением U-критерия Манна–Уитни. Различия между сравниваемыми рядами считали достоверными и статистически значимыми при $p \geq 0,05$.

РАЗДЕЛ 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Сравнительный анализ физиологических индексов мидий из разных акваторий

Индексы органов гидробионтов отражают их физиологическое состояние как ответную реакцию на воздействие различных факторов и могут характеризовать состояние стресса. Значения индексов в значительной степени зависят от гидролого-гидрохимических характеристик среды, кормовой базы, наличия в среде химических веществ, жизненного цикла и инфекционных заболеваний гидробионтов. Выявлена четкая зависимость между уровнем загрязнения среды и индексами органов рыб и моллюсков, характеризующих состояние как самих особей, так и среды их обитания [3, 10, 13].

В данной работе ИГ у мидий из б. Карантинной достоверно превышал соответствующие значения моллюсков из б. Южной и Камышовой (рис. 3.1). Гепатопанкреас моллюсков является органом детоксикации (обезвреживание экзогенных и эндогенных ядовитых веществ) и пищеварения [8, 9], поэтому увеличение ИГ может быть следствием как высокого уровня загрязнения среды обитания, так и хорошей кормовой базы. Учитывая тот факт, что Карантинная бухта характеризуется благоприятными условиями для обитания мидий [7, 10], в отличие от двух других акваторий, высокие значения ИГ у моллюсков из данного района связаны с хорошей кормовой базой.

Наоборот, индекс жабр был выше у моллюсков из Южной и Камышовой бухт (рис. 3.2), что может свидетельствовать об интенсификации обменных процессов и напряженном функционировании органа в условиях хронического загрязнения среды и дефицита растворенного кислорода [3, 10].

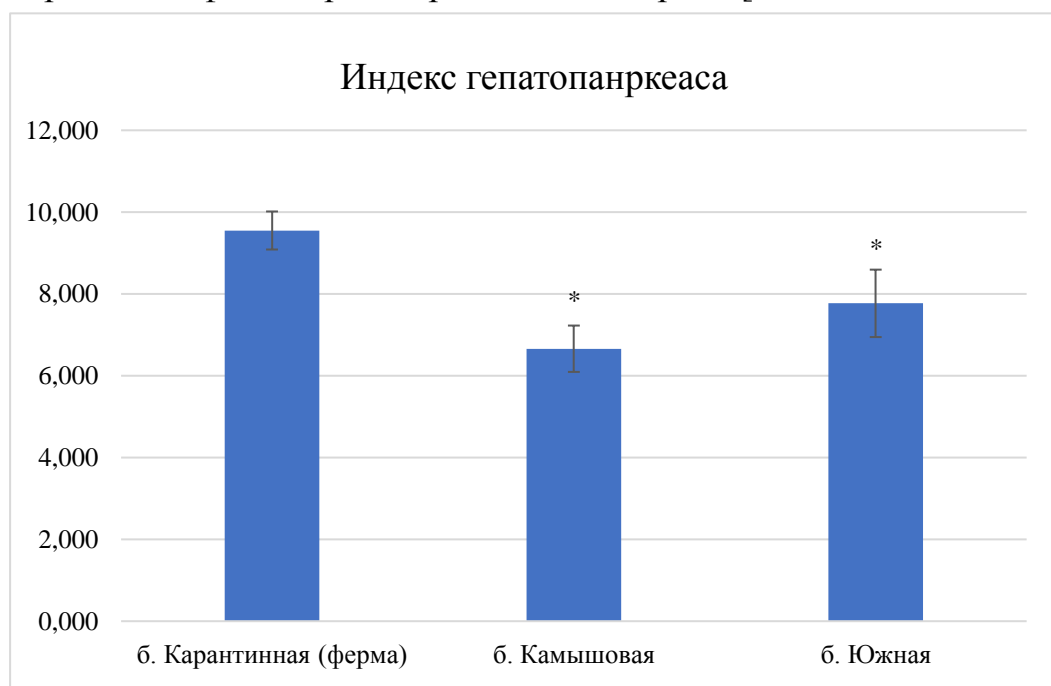


Рисунок 3.1 – Индекс гепатопанкреаса мидий из трех районов

Примечание: *- различия достоверны по сравнению со значениями мидий из б. Карантинная ($p < 0,05$)

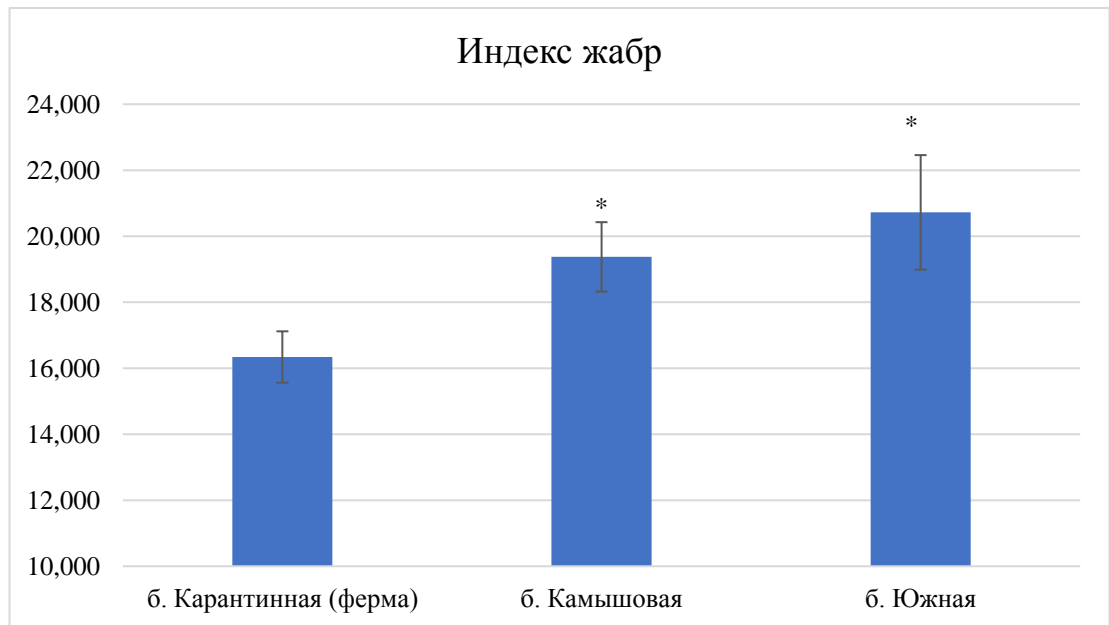


Рисунок 3.2 – Индекс жабр мидий из трех районов

Примечание: *- различия достоверны по сравнению со значениями мидий из б. Карантинная ($p < 0,05$)

Индекс упитанности, индекс состояния и выход мяса были выше у моллюсков из Карантинной бухты, что также свидетельствует о более благоприятных условиях обитания, хорошей кормовой базе и относительно высоком качестве товарной продукции мидий в данной акватории по сравнению с другими исследованными районами (рис. 3.3, 3.4, 3.5).

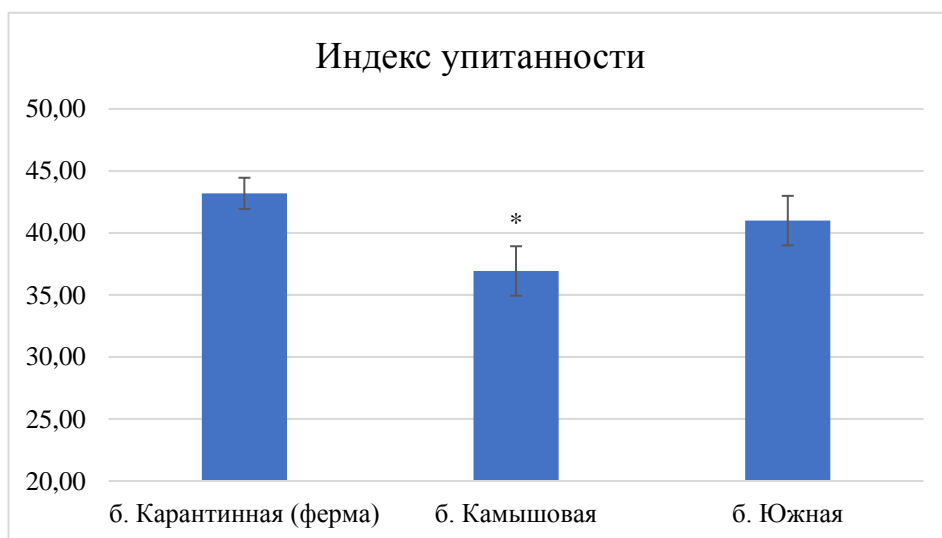


Рисунок 3.3 – Индекс упитанности мидий из трех районов

Примечание: *- различия достоверны по сравнению со значениями мидий из б. Карантинная ($p < 0,05$)



Рисунок 3.4 – Индекс состояния мидий из трех районов

Примечание: *- различия достоверны по сравнению со значениями мидий из б. Карантинная ($p < 0,05$)

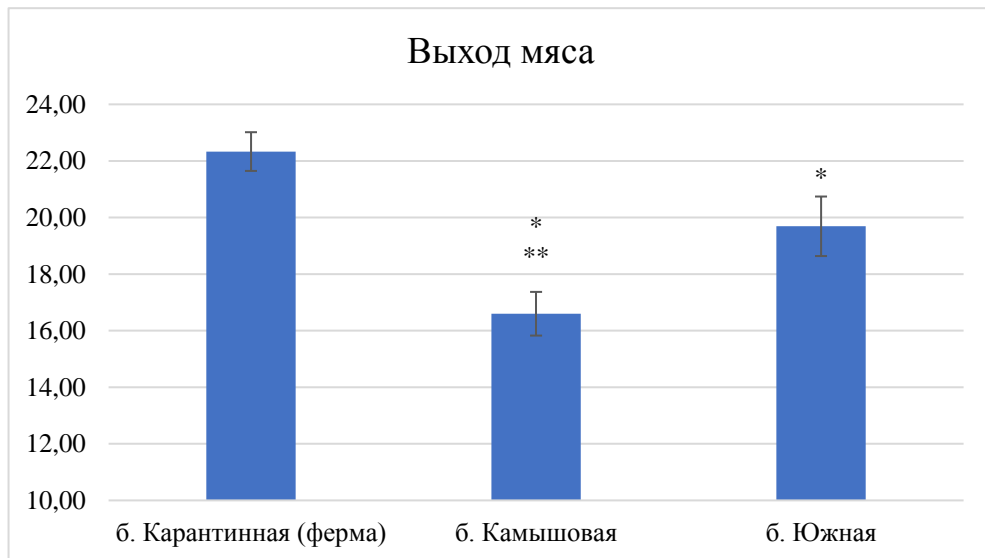


Рисунок 3.5 – Выход мяса мидий из трех районов

Примечание: *- различия достоверны по сравнению со значениями мидий из б. Карантинная ($p < 0,05$)

3.2 Морфометрические показатели створок мидий из разных акваторий

Для сравнения морфометрических показателей створок моллюсков из трех районов были рассчитаны индексы отношений:

- высота створки к длине (H/L), отражающая степень вытянутости створок;

• ширина створки к длине (D/L), характеризующая степень выпуклости створок (рис. 3.6, 3.7).

Исследованные показатели не отличались у моллюсков из разных локаций, что указывает на морфологическую однородность створок раковины.

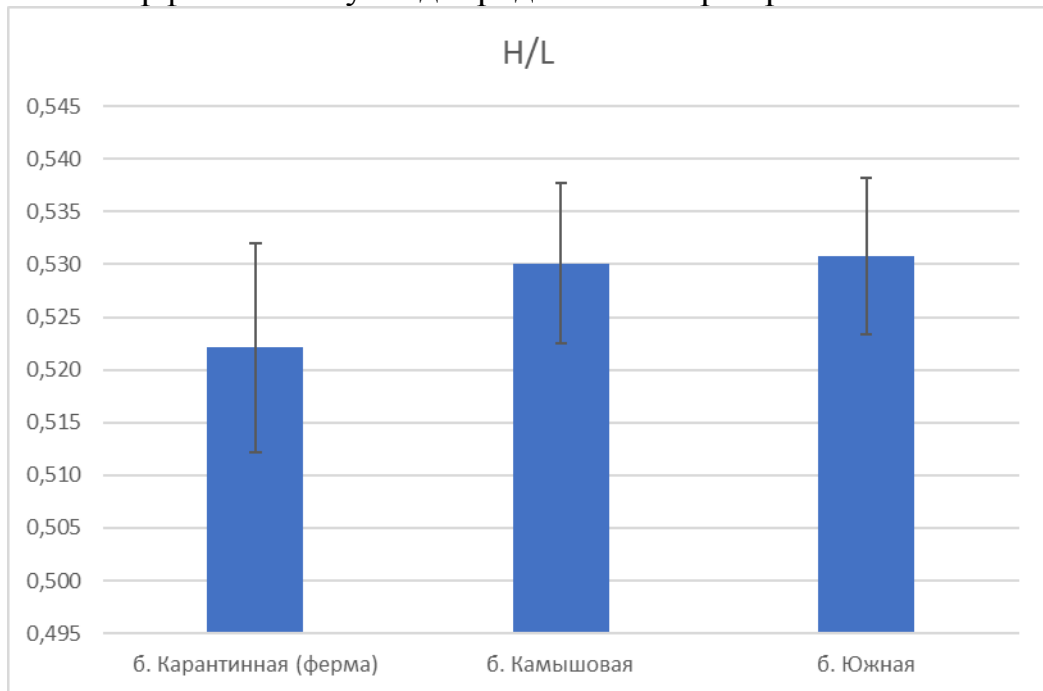


Рисунок 3.6 – Вытянутость створок мидий из трех районов

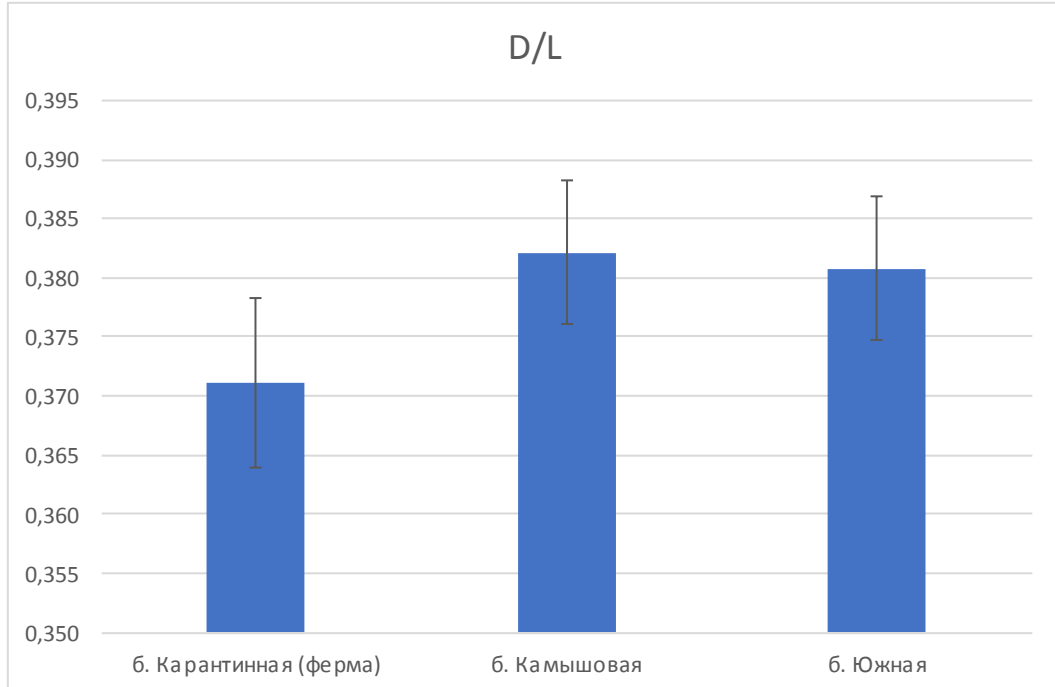


Рисунок 3.6 – Выпуклость створок мидий из трех районов

3.3. Содержание нефтяных углеводородов в мягких тканях мидий из разных акваторий

Нефтяное загрязнение является одним из ведущих факторов антропогенного воздействия на водные экосистемы. Ежегодно в Мировой океан попадает по разным оценкам от 0,5 до 11 млн. т нефти и нефтепродуктов. Ежегодно в Мировой океан попадает по разным оценкам от 0,5 до 11 млн. т нефти и нефтепродуктов, которые накапливаются в больших количествах в донных отложениях и бентосных организмах, включая двустворчатых моллюсков [1]. Особую актуальность и значимость проблема нефтяного загрязнения в России приобрела после катастрофы танкеров «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239» в Керченском проливе 15 декабря 2024 г. Столь масштабное по объемам загрязнение и площади пострадавших акваторий в Крыму наблюдались впервые за последние 80 лет, что определяет необходимость проведения долгосрочного регулярного мониторинга состояния морских прибрежных экосистем и исследований отклика биоты на нефтяное загрязнение [18, 19]. Поэтому мониторинг содержания НУ в тканях гидробионтов, особенно промысловых, представляет особую важность, в том числе для оценки степени безопасности/опасности для здоровья человека.

В настоящей работе изучено содержание углеводородов, включая углеводороды нефти, в мягких тканях мидии. Хроматограммы экстракта углеводородов свидетельствуют о высоком содержании НУ в мягких тканях мидий в Южной и Камышовой бухтах и свежем поступлении углеводородов в организм моллюсков. Хроматограммы указывают на то, что в тканях моллюсков из б. Карантинной (ферма) содержится много органических веществ, включая незначительное количество НУ, по сравнению с другими районами (рис. 3.7).

На основании анализа хроматограмм были рассчитано содержание НУ в тканях мидий. Этот показатель в Южной и Камышовой бухтах почти в два раза превышал значения в б. Карантинной (рис. 3.8).



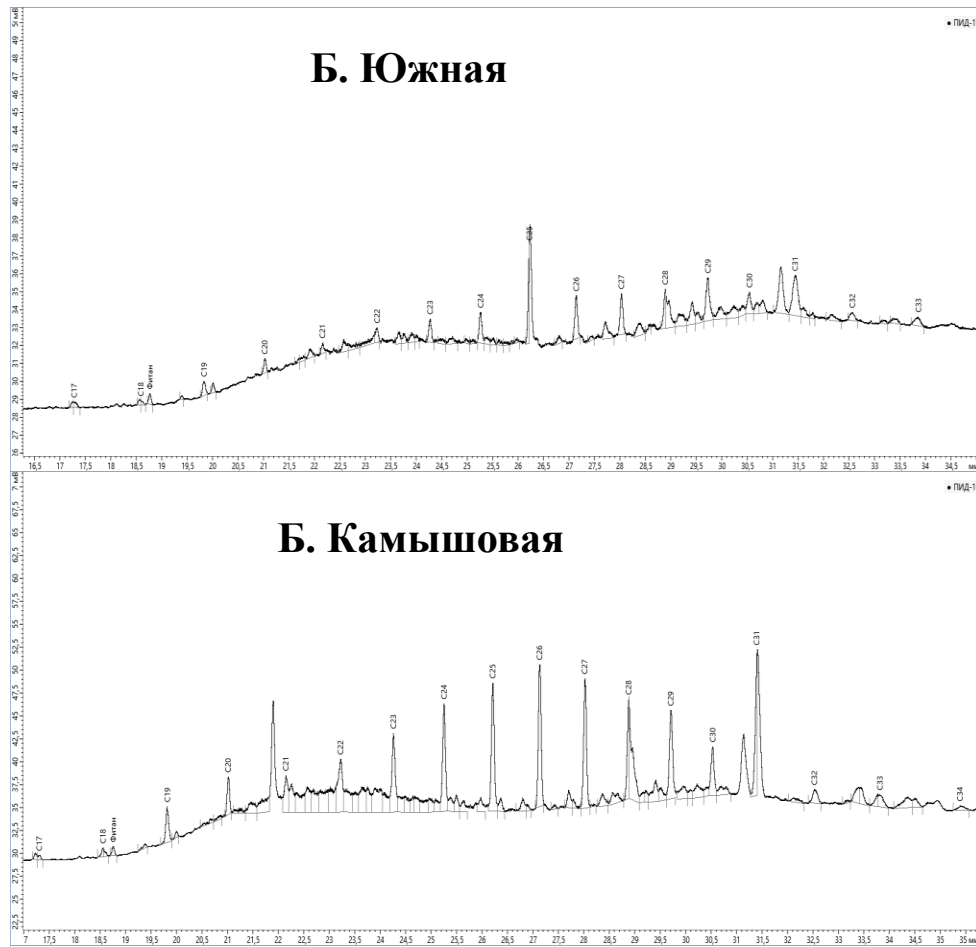


Рисунок 3.7 – Хроматограммы экстракта углеводородов в мягких тканях мидий из трех районов

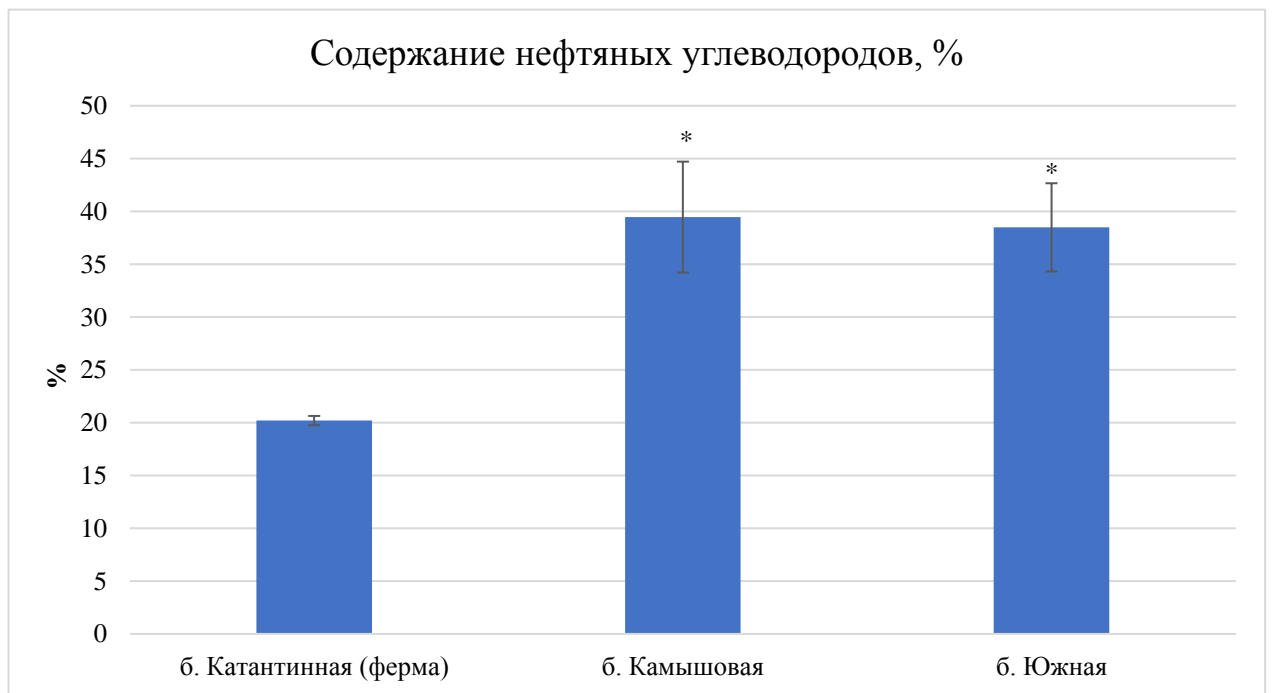


Рисунок 3.7 – Содержание НУ в мягких тканях моллюсков

Примечание: выражено в % относительно общего содержания углеводов; *- различия достоверны по сравнению со значениями мидий из б. Карантинная ($p < 0,05$)

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о более благоприятных условиях обитания и относительно высоком качестве товарной продукции, низком содержании НУ в тканях мидий в акватории б. Карантинной (ферма) по сравнению с другими исследованными районами.

В то же время для полноценной оценки степени пищевой безопасности/опасности мидий из исследованных районов, наряду с содержанием НУ, в ближайшее время планируется исследовать в их мягких тканях уровень накопления тяжелых металлов.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что индекс гепатопанкреаса, индекс упитанности, индекс состояния и выход мяса в б. Карантинной выше, а индекс жабр ниже соответствующих значений моллюсков из б. Южной и б. Камышовой.

2. Относительное содержание нефтяных углеводов в мягких тканях мидий из б. Южной и б. Камышовой почти в два раза превышает значения моллюсков из Карантинной бухты.

3. Полученные результаты свидетельствуют о более благоприятных условиях обитания и относительно высоком качестве товарной продукции мидий в акватории б. Карантинной по сравнению с другими исследованными районами.

4. Наиболее информативными показателями для оценки состояния мидий и среды их обитания являются физиологические индексы, содержание нефтяных углеводов в мягких тканях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Барабашин Т.О. Методическое обеспечение мониторинга загрязнения водных объектов Азово-Черноморского бассейна / Т.О. Барабашин, И.В. Кораблина, Л.Ф. Павленко, Г.В. Скрыпник, Л.И. Короткова // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2018. - Том 1 (3-40. - С. 9-27.
2. Безматерных Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири: анализ. обзор / Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Ин-т вод. и экол. проблем. Новосибирск. – 2007. - 87 с. (Сер. Экология. Вып. 85).
3. Дзюбук И.М. Морфофизиологические исследования ерша Лахтинской губы Онежского озера / И.М. Дзюбук, Е.А. Клюкина // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов: Материалы III Международной конференции с элементами школы для молодых ученых, аспирантов и студентов 22 июня – 26 июня 2010 года. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. – 2010. С. 46-48.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия. - М.: Высшая школа. - 1990. - 352 с.
5. Ларин А.А. Особенности определения и оценка накопления углеводов в гидробионтах Азовского моря: Дисс. ... канд. хим. наук. Ростов/н/Д, 2010. 132 с.
6. Лукьянова О.Н., Корчагин В.П. Интегральный биохимический индекс состояния водных организмов в условиях загрязнения // Известия Российской академии наук. Серия биологическая, 2017. - № 2. - С. 174-180.
7. Поспелова Н. В., Приймак А. С., Рябушко В. И. Содержание микроэлементов в мягких тканях и раковинах мидии *Mytilus galloprovincialis*, культивируемой на взморье г. Севастополя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2021. -№ 4. - С. 67-80.
8. Сигачева Т. Б., Чеснокова И. И., Гостюхина О. Л., Холодкевич С. В., Кузнецова Т. В., Андреевко Т. И., Ковригина Н. П., Гаврюсева Т. В., Киринов М. П., Куракин А. С. Оценка рекреационного потенциала некоторых бухт города Севастополя с использованием методов биоиндикации // Юг России: экология, развитие. 2021. - Т. 16, № 1. - С. 151-167.
9. Скуратовская Е. Н., Дорошенко Ю. В., Алёмова А. С., Ковалева М. А. Биоиндикационная оценка экологического состояния прибрежных акваторий г. Севастополя // Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2020. - Т. 5, № 3. - С. 514-522.
10. Chelyadina N.S. Comparative Characteristics of Indices to Assess the Quality of Mussel Production by an Example of Cultivated *Mytilus galloprovincialis* (Crimea, the Black Sea) / N.S. Chelyadina, N.V. Pospelova, M.A. Popov // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2019. - Vol. 19. - No. 9. - P. 719-726.
11. Cultured Aquatic Species Information Programme: *Mytilus galloprovincialis* [Электронный ресурс] // Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). – 2024. – URL: https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/en/en_mediterranean_mussel.htm (дата обращения: 15.05.2025).

12. El-Khayat, H. M. M., Hamid, H. A., Gaber, H. S., Mahmoud, K. M. A. and Flefel, H. E. (2015). Snails and Fish as Pollution Biomarkers in Lake Manzala and Laboratory A: Lake Manzala Snails // Fisheries and Aquaculture Journal. - 6(4). – P. 1-9.
13. Galvao P. et al. Estimating the Potential Production of the Brown Mussel *Perna perna* (Linnaeus, 1758) Reared in Three Tropical Bays by Different Methods of Condition Indices // Journal of Marine Biology. – 2015. – P. 1–11.
14. *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) [Электронный ресурс] // SeaLifeBase. – 2023. – URL: <https://www.sealifebase.se/summary/Mytilus-galloprovincialis.html> (дата обращения: 15.05.2025).
15. *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 [Электронный ресурс] // Smithsonian Environmental Research Center's National Estuarine and Marine Exotic Species Information System (NEMESIS). – 2023. – URL: https://invasions.si.edu/nemesis/species_summary/-64 (дата обращения: 15.05.2025).
16. Sukharenko E.V., Nedzvetsky V.S., Kyrychenko S.V. Biomarkers of metabolism disturbance in bivalve molluscs induced by environmental pollution with processed by-products of oil // Biosystems Diversity. - 25(2). – 2017. – P. 113-118.
17. Vidal-Linan L. Bioaccumulation of PCB-153 and effects on molecular biomarkers acetylcholinesterase, glutathione-S-transferase and glutathione peroxidase in *Mytilus galloprovincialis* mussels / L. Vidal-Linan, J. Bellas, J.A. Soriano, E. Concha-Grana, S. Muniategui, R. Beiras // Environmental Pollution. – 2016. - Vol. 214. - P. 885–891.
18. <https://www.gazeta.ru/politics/news/2025/01/14/24831980.shtml>
19. <https://ngs.ru/text/incidents/2025/01/15/74987513/>