

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(ФГБОУ ВО «КГМТУ»)**



**МАТЕРИАЛЫ**  
**КРУГЛОГО СТОЛА**

**«Морской биопроспектинг»**

**28 ноября 2025 г.**

Керчь, 2025

УДК 378:001:57

ББК 74+72+28

В сборнике рассмотрены фундаментальные и прикладные вопросы использования гидробионтов из различных таксономических групп в морском биопроспектинге. Особое внимание уделено анализу экологических, технологических, экономических, правовых и этических аспектов получения биоактивных молекул.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Масюткин Е. П., председатель редакционной коллегии, канд. техн. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «КГМТУ».

Логунова Н.А., д-р экон. наук, доцент; Булли Л.И., канд. биол. наук, доцент; Зинабадинова С.С., канд. биол. наук; Малько С.В., канд. биол. наук, доцент; Сытник Н.А. канд. биол. наук, доцент; Шаганов В.В., канд. биол. наук, доцент.

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Масюткин Е.П., председатель организационного комитета, профессор, ректор ФГБОУ ВО «КГМТУ»; Логунова Н.А., зам. председателя, д-р экон. наук, доцент, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «КГМТУ»; Скоробогатова В.В., канд. экон. наук, доцент, зав. кафедрой экономики и гуманитарных дисциплин, декан технологического факультета; Сытник Н.А., канд. биол. наук, доцент, зав. кафедрой экологии моря; Зинабадинова С.С., канд. биол. наук, доцент кафедры экологии моря; Семёнова А.Ю., канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экологии моря; Малько С.В., канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры экологии моря; Булли Л.И., канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания; Шаганов В.В., канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры экологии моря.

## Рекомендовано к публикации научно-техническим советом ФГБОУ ВО «КГМТУ»

(протокол № 10 от 9.12.2025 г.)

Морской биопроспектинг [Электронный ресурс]: Материалы круглого стола «Морской биопроспектинг» ФГБОУ ВО «КГМТУ» 2025 г. / под общ. ред. Масюткина Е. П. – Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2025. – 53 с. – Режим доступа: [https://kgmtu.ru/documents/nauka/morskoy\\_bioprospekting\\_20\\_Kerch\\_28\\_noyabrya\\_2025.pdf](https://kgmtu.ru/documents/nauka/morskoy_bioprospekting_20_Kerch_28_noyabrya_2025.pdf), свободный. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-6053557-1-7

© ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2025

© Коллектив авторов, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Головченко В.В.</b> О НЕОБХОДИМОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	4
<b>Иванова Е.Р.</b> БИОРЕМЕДИАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДОННЫХ ОРГАНИЗМОВ ЧЁРНОГО МОРЯ: ОТ НАУЧНОЙ КОНЦЕПЦИИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ	7
<b>Колмыкова А.А.</b> БИОПРОСПЕКТИНГ КОРАЛЛОВЫХ РИФОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ИХ СОХРАНЕНИЯ: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ	13
<b>Коновалова В.М.</b> ДЕФЕНЗИН-ОПОСРЕДОВАННЫЕ МЕХАНИЗМЫ В ГУМОРАЛЬНОМ ИММУНИТЕТЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ТАКСОНОМИЧЕСКИХ ГРУПП	18
<b>Лучкина О.С.</b> МЕДУЗА-КОРНЕРОТ ( <i>RHIZOSTOMA PULMO</i> ) КАК ИСТОЧНИК БИОМЕДИЦИНСКОГО КОЛЛАГЕНА	21
<b>Платонова С.Е.</b> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЭКСПЕРТИЗЫ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКТОВ ИЗ МОРСКИХ БИОРЕСУРСОВ: ОТ ТРАДИЦИОННОГО КОНТРОЛЯ К ИННОВАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ	25
<b>Рутковская А.А.</b> ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОСАДКИ НА ТЕМП РОСТА И ВЫЖИВАЕМОСТЬ МОЛОДИ АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА <i>CHERAX QUADRICARINATUS</i> (VON MARTENS, 1868) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ АКВАРИАЛЬНОЙ ЦЕНТРА ОТРАСЛЕВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ФГБОУ ВО «КГМТУ»	30
<b>Середа Д.А.</b> ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ СТАРТОВЫХ КОРМОВЫХ ОБЪЕКТОВ	37
<b>Середа Д.А.,</b> СРАВНЕНИЕ АДАПТАТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ <i>DUNALIELLA SALINA</i> И <i>ARTHRORSPIRA PLATENSIS</i> В ОТВЕТ НА ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩИЕ СРЕДЫ	41
<b>Хайбуллина А.М.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕДУЗ АЗОВСКОГО МОРЯ В РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ МОРСКОГО БИОПРОСПЕКТИНГА	46
<b>Худякова Г.А.</b> СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО БИОПРОСПЕКТИНГА: БАЛАНС МЕЖДУ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ И СОХРАНЕНИЕМ МОРСКИХ БИОРЕСУРСОВ	50

**Головченко В.В., студент 3 курса направления подготовки Экология и природопользование**

**Научный руководитель – Спиридонова Е.О., канд. геогр. наук,  
доцент кафедры экологии моря**

**ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»**

## **О НЕОБХОДИМОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Аннотация.** Богатства природы, ее способность поддерживать развитие общества и возможность самовосстановления неограниченны. Человечество столкнулось с противоречиями между растущими потребностями мирового сообщества и невозможностью биосферы обеспечить эти потребности. В рамках существующей экономической системы и дальнейшего ничем не ограниченного развития общества потребления решение глобальных экологических проблем невозможно.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, окружающая среда, загрязнение, экологические проблемы.

Под окружающей средой понимается совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов; под природной средой, либо природой – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов. Природная среда отличается от окружающей среды тем, что она не охватывает антропогенные объекты, созданные человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающие свойствами природных объектов. Последние представляют собой естественную экологическую систему, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства.

Богатства природы, ее способность поддерживать развитие общества и возможность самовосстановления неограниченны. Человечество столкнулось с противоречиями между растущими потребностями мирового сообщества и невозможностью биосферы обеспечить эти потребности.

В рамках существующей экономической системы и дальнейшего ничем не ограниченного развития общества потребления решение глобальных экологических проблем невозможно. «Загрязняюще-ресурсная парадигма»,

положенная в основу всех экологических исследований и подходов и берущая в качестве базы для отсчета ПДК, крайне ограничена и не может служить отправной точкой при формулировании главных экологических задач. Она высвечивает всего лишь одну сторону вопроса, и что касается «загрязнений», то со многими из них можно справиться, причем без крупных финансовых вложений. Экологический кризис – это не только загрязнение. Это целый блок крупных, глобальных проблем, в число которых входят разрушение биоты, изъятие ресурсов в масштабах недопустимых для природы, нехватка питьевой воды, голод, опустынивание и обезлесивание, нарушение естественного круговорота химических элементов и соединений и многое другое. Ученые столкнулись с новым феноменом – с необходимостью исследовать большие и очень сложные системы, в состав которых входит социум и специфический вид его деятельности – экономика. Попытки решить эти проблемы на основе традиционного западного подхода потерпели неудачу.

Возросшая мощь экономики стала разрушительной силой как для нее, так и для человека. Возникла реальная угроза жизненно важным интересам будущих поколений человечества. Следовательно, нормы гл. 26 УК РФ «Экологические преступления» направлены в первую очередь на охрану биологической основы существования человека и всего живого на земле.

Различия в подходе к экологическим правонарушениям: одни авторы определяют его как общественные отношения, направленные на охрану природы, обычно при этом они выделяют природные (материальные, физические) объекты как предметы преступлений; другие авторы называют объектом экологических преступлений саму природу и ее материальные блага, а общественные отношения в сфере их охраны считают предметом данной группы преступлений; третья группа специалистов считает экологическими преступления по отношению к объектам, выполняющим относительно устойчивые функции по обеспечению необходимых экологических условий для существования и развития общества

Нарушение правил охраны окружающей среды может быть совершено как путем действия, так и бездействия.

Существенное изменение радиоактивного фона означает его ухудшение по сравнению с естественной дозой излучения, создаваемой космическим излучением и излучением природных радионуклидов, естественно распределенных в земле, воде, воздухе, других элементах биосферы, пищевых продуктах и организме человека.

Характер воздействия на морскую среду не ограничивается вредным изменением воды. Под средой понимают совокупность природных условий, в которых протекает деятельность человека, морских и других организмов,

поэтому при загрязнении морской среды возможно наступление неподдающегося измерению вреда, причем различным природным объектам – атмосферному воздуху, земле, недрам, лесам и т. д.

***Работа выполнена в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ (IV Конкурс студенческих научных обществ – 2025).***

Список использованной литературы:

1. Голубев С.И. Экологические преступления. М.: Юридическая фирма Контракт, 2017. 339 с.
2. Медведев В.И., Алдашева А.А. Экологическое сознание. М.: Логос, 2001. 376 с.
5. Музалевский А.А. Экологическая безопасность и методы ее обеспечения: учебное пособие. СПб.: РГГМУ, 2020. 230 с.

**Иванова Е.Р., студент 4 курса направления подготовки  
Экология и природопользование  
Научный руководитель – Сытник Н.А., канд. биол. наук, доцент, зав.  
кафедрой экологии моря  
ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический  
университет»**

## **БИОРЕМЕДИАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДОННЫХ ОРГАНИЗМОВ ЧЁРНОГО МОРЯ: ОТ НАУЧНОЙ КОНЦЕПЦИИ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ**

**Аннотация.** Чёрное море, являясь уникальной экосистемой с выраженной аноксической зоной и значительным антропогенным прессингом, требует разработки эффективных и экологически безопасных методов очистки. В данном контексте биоремедиация – использование живых организмов для деградации и удаления загрязнителей – представляет собой стратегически важное направление. Настоящая статья посвящена комплексному анализу биоремедиационного потенциала донных организмов Чёрного моря. Рассматриваются фундаментальные основы процесса, ключевые виды-фильтраторы (двустворчатые моллюски *Mytilus galloprovincialis*) и деструкторы (бактериальные сообщества донных осадков), их роль в трансформации и седиментации поллютантов. Особое внимание уделяется переводу научных данных в практическую плоскость: оценке эффективности мидийных и устричных ферм как природоохранных биотехнологий, перспективам создания искусственных рифов и донных биофильтров, а также использованию организмов в целях биомониторинга. Анализируются существующие барьеры и предлагаются пути для внедрения этих технологий в практику природопользования в Азово-Черноморском бассейне.

**Ключевые слова:** Чёрное море, биоремедиация, донные организмы, фильтраторы, *Mytilus galloprovincialis*, биомониторинг, загрязняющие вещества, марикультура, искусственные рифы.

**Введение.** Экосистема Чёрного моря испытывает значительную антропогенную нагрузку, обусловленную поступлением загрязняющих веществ со стоком крупных рек, судоходством и промышленной деятельностью на побережье. Накопление поллютантов, таких как тяжелые металлы, нефтеуглеводороды (НУ) и стойкие органические загрязнители (СОЗ) в донных

осадках, представляет особую опасность, поскольку донные отложения выступают в роли долговременного источника вторичного загрязнения водной толщи. Традиционные методы очистки донных отложений зачастую дорогостоящи, технологически сложны и могут приводить к дополнительному нарушению экосистем. В этой связи все больший интерес вызывают методы биоремедиации, основанные на использовании природного потенциала гидробионтов для детоксикации окружающей среды. Донные организмы, в особенности фильтрующие моллюски и бактериальные сообщества, являются ключевыми агентами в процессах самоочищения морских экосистем [1].

Цель данной работы – систематизировать современные представления о биоремедиационном потенциале донных организмов Чёрного моря и оценить перспективы перехода от научной концепции к их практическому применению в качестве природоохранных биотехнологий.

**Основные результаты и обсуждение.** Фундаментальной основой биоремедиации в морской среде является способность организмов аккумулировать, трансформировать и минерализовать загрязняющие вещества [2]. Среди донных организмов Чёрного моря наибольшим потенциалом обладают две ключевые группы: макробентос, представленный в первую очередь фильтрующими двустворчатыми моллюсками, и микробентос – бактериальные сообщества донных осадков. Их деятельность взаимосвязана и формирует единый биоремедиационный конвейер. Черномого биофильтра. Одна особь мидии способна профильтровать до 3-5 литров воды в час, извлекая из взвеси как пищевые частицы (фитопланктон, детрит), так и ассоциированные с ними загрязнители [2]. Тяжелые металлы (свинец, кадмий, цинк, медь) и липофильные органические соединения (полициклические ароматические углеводороды – ПАУ, полихлорированные бифенилы – ПХБ) накапливаются в тканях и, в особенности, в жабрах и гепатопанкреасе моллюсков. Этот процесс, известный как биоконцентрация, эффективно удаляет растворенные и взвешенные формы поллютантов из водной толщи, переводя их в биотический компонент экосистемы. Однако с экологической точки зрения накопление в тканях представляет собой лишь первую стадию процесса, временно выводя загрязнитель из круговорота. Далее в действие вступают бактерии-деструкторы, населяющие как сами донные осадки, так и пищеварительный тракт моллюсков. Бактериальные консорциумы, включающие представителей родов *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Bacillus* и других, обладают катаболическим потенциалом для разложения широкого спектра НУ и СОЗ. Процесс биodeградации осуществляется с помощью специфических ферментных систем (оксигеназ, дегидрогеназ), которые расщепляют сложные органические молекулы до простых соединений, вплоть до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Синергетический эффект от



совместной деятельности фильтраторов и деструкторов заключается в следующем: моллюски концентрируют рассеянные загрязнители, делая их более доступными для бактерий, а также выделяют органическое вещество (в виде фекалий и псевдофекалий), которое служит субстратом и источником энергии для бактериального сообщества, стимулируя его метаболическую активность. Таким образом, создаются условия для интенсивной микробной деструкции загрязнителей, уже сконцентрированных в биогенном материале.

Переход от научного понимания этих процессов к их практическому применению предполагает разработку конкретных биотехнологий. Наиболее реалистичным и экономически целесообразным представляется интеграция биоремедиационных подходов в существующие формы морского природопользования. Одним из таких направлений является развитие марикультуры двустворчатых моллюсков, прежде всего мидий и устриц, с четко выраженной природоохранной функцией. Размещение мидийных или устричных ферм в акваториях, подверженных негативному воздействию (например, вблизи портов, устьев рек, морских нефтяных терминалов), позволяет создать постоянно действующие биофильтрующие установки. Расчеты показывают, что одна средняя мидийная ферма, занимающая площадь 1 га, может профильтровать за сутки объем воды, сопоставимый с объемом небольшой бухты, эффективно осаждавая взвешенные вещества и ассоциированные с ними загрязнители [1]. После сбора урожая моллюсков, аккумулировавших в себе загрязнители, последние изымаются из экосистемы. Важно отметить, что моллюски, выращенные с целью биоремедиации, не должны поступать в пищевую цепь человека и могут быть утилизированы или использованы в технических целях, например, в качестве добавки в корма для животных после соответствующей детоксикации или в производстве биокомпозитов.

Особого внимания заслуживает технология создания искусственных рифов, которая представляет собой целенаправленное размещение в акватории специальных конструкций, предназначенных для колонизации донными организмами. В отличие от пассивного заселения естественных субстратов, искусственные рифы позволяют активно управлять процессом формирования биоремедиационных сообществ [3]. Для Чёрного моря наиболее эффективны конструкции из химически нейтральных материалов – бетона специальных марок, керамики, металлических сплавов с антикоррозийным покрытием [4]. Оптимальными признаны модульные перфорированные конструкции с развитой поверхностью, полостями и нишами, обеспечивающими защиту от хищников и создающими разнообразные экологические ниши (рис. 1).



Рисунок 1 – Искусственные рифы Черного моря

При проектировании таких рифов учитывается комплекс параметров: глубина установки, гидродинамический режим, характер донных осадков и специфика загрязнения. Наиболее эффективно размещение искусственных рифов на участках с нарушенным донным сообществом – вблизи донных выпусков сточных вод, на акваториях бывших свалок, вдоль подводных трубопроводов. Процесс биоремедиации на искусственных рифах осуществляется по многоуровневой схеме. Первичными колонистами становятся бактерии и простейшие, формирующие биопленку на поверхности конструкции, что значительно ускоряет последующее оседание личинок макроорганизмов. Основными фильтраторами-редуцентами выступают мидии *Mytilus galloprovincialis*, а также многощетинковые черви *Polychaeta*. Мидийные поселения на рифах показывают в 2-3 раза более высокую плотность по сравнению с естественными субстратами, что пропорционально увеличивает фильтрационную мощность биоценоза. Важнейшим преимуществом искусственных рифов является создание стабильного каркаса для развития анаэробных и факультативно-анаэробных бактерий в придонном слое и толще осадков. Это особенно значимо для деградации трудноокисляемых соединений – хлорированных углеводородов и некоторых видов ПАУ, разрушение которых требует последовательного действия аэробных и анаэробных микробных сообществ. Долговременные наблюдения показывают, что за 3-5 лет функционирования искусственный риф способен снизить концентрацию НУ в придонном слое воды на 40-60 %, а в донных осадках – на 25-35 % [5].

Дополнительным преимуществом является способность рифовых структур иммобилизовать тяжелые металлы за счет их перевода в малоподвижные формы в составе карбонатных раковин моллюсков и железо-марганцевых конкреций,

формирующихся на поверхности конструкций.

Еще одним перспективным направлением является создание специализированных донных биофильтров на основе комбинации искусственных субстратов и целенаправленно подселенных культур бактерий-деструкторов. Параллельно с этим донные организмы являются бесценным инструментом для биомониторинга. Регулярный анализ тканей моллюсков-биоиндикаторов, размещенных в ключевых точках акватории, позволяет получать интегрированную во времени и пространстве информацию о уровнях загрязнения, отслеживать динамику поступления поллютантов и оценивать эффективность проводимых природоохранных мероприятий.

Несмотря на очевидные перспективы, внедрение биоремедиационных технологий в Чёрном море сталкивается с рядом барьеров. К ним относятся недостаточная изученность синергизма и антагонизма в смешанных загрязнениях, необходимость разработки нормативно-правовой базы, регламентирующей использование гидробионтов для очистки акваторий, а также вопросы экономической целесообразности и привлечения инвестиций. Тем не менее, сочетание экологического и, в перспективе, экономического эффекта (за счет развития непищевой марикультуры и снижения затрат на экологический ущерб) делает это направление стратегически важным для устойчивого развития всего Азово-Черноморского региона.

**Выводы.** Проведенный анализ позволяет утверждать, что донные организмы Чёрного моря, в особенности фильтрующие моллюски и ассоциированные с ними бактериальные сообщества, обладают значительным и до конца не востребованным биоремедиационным потенциалом. Научная концепция, описывающая их роль как ключевых агентов самоочищения, находит все более конкретное практическое воплощение. Наиболее реалистичными путями внедрения являются интеграция природоохранных функций в марикультуру двустворчатых моллюсков и создание специализированных искусственных рифов и донных биофильтров. Эти подходы позволяют перейти от пассивного наблюдения к активному управлению процессами детоксикации в прибрежных экосистемах. Дальнейшие исследования должны быть сконцентрированы на оптимизации технологий, количественной оценке эффективности биоремедиации в условиях смешанного загрязнения, а также на разработке нормативных и экономических механизмов, стимулирующих широкое применение этих экологически ориентированных биотехнологий для восстановления и сохранения уникальной экосистемы Чёрного моря.

*Работа выполнена в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию*

*мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ (IV Конкурс студенческих научных обществ – 2025).*

Список использованной литературы:

1. Александрова М.А., Васильев А.М., Карташов М.В. Оценка морских экосистемных услуг на базе основных промысловых биоресурсов как основа устойчивого состояния Большой морской экосистемы и сохранения биоразнообразия // Вода и экология: проблемы и решения. 2018. №2 (74). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-morskih-ekosistemnyh-uslug-na-baze-osnovnyh-promyslovyh-bioresursov-kak-osnova-ustoychivogo-sostoyaniya-bolshoy-morskoj> (дата обращения: 20.09.2025).
2. Алимов А.Ф. Некоторые общие закономерности процесса фильтрации у двусторчатых моллюсков // Журнал общей биологии. 1969. Т. 30. № 5. С. 621–631.
3. Капков В.И., Беленикина О.А., Сабурин М.Ю. Искусственные рифы в биомониторинге прибрежных морских экосистем // Труды междунар. конф. «Современные проблемы адаптации и биоразнообразия». Махачкала, 2006. С. 17–19.
4. Букина Ю.А. Анализ эффективности установки искусственных рифов в морях Российской Федерации // Наука и современность. 2017. № 51. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-effektivnosti-ustanovki-iskusstvennyh-rifov-v-moryah-rossiyskoj-federatsii> (дата обращения: 10.11.2025).
5. Капков В.И., Шошина Е.В., Беленикина О.А. Биоремедиация морских прибрежных экосистем: использование искусственных рифов // Вестник МГТУ. 2016. № 1-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bioremediatsiya-morskih-pribrezhnyh-ekosistem-ispolzovanie-iskusstvennyh-rifov> (дата обращения: 10.11.2025).

**Колмыкова А.А., магистрант 2 курса направления подготовки Экология  
придопользования (профиль «Экология моря»)**

**Научный руководитель – Сытник Н.А., канд. биол. наук, зав. кафедрой  
экологии моря**

**ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический  
университет»**

## **БИОПРОСПЕКТИНГ КОРАЛЛОВЫХ РИФОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ИХ СОХРАНЕНИЯ: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

**Аннотация.** Коралловые рифы – одни из наиболее продуктивных и уязвимых экосистем Мирового океана, находящиеся под угрозой исчезновения due to антропогенного воздействия. В статье рассматривается потенциал морского биопроспектинга – поиска биоактивных соединений морских организмов – как инструмента сохранения коралловых рифов. Показано, что оценка фармацевтического и биотехнологического потенциала рифов создаёт мощное экономическое обоснование для их защиты. Углублённое изучение биохимических механизмов устойчивости рифовых организмов предоставляет знания, необходимые для разработки стратегий реставрационной экологии. Развитие устойчивых практик, таких как аквакультура целевых видов и метагеномные подходы, в сочетании с соблюдением принципов Нагойского протокола, трансформирует биопроспектинг из потенциальной угрозы в ключевой элемент стратегии сохранения биоразнообразия. Делается вывод о необходимости интеграции биопроспектинга в программы создания и управления морскими охраняемыми районами.

**Ключевые слова:** коралловые рифы, морской биопроспектинг, сохранение биоразнообразия, биоактивные соединения, устойчивое использование, Нагойский протокол, метагеномика, экосистемные услуги.

**Введение.** Коралловые рифы, занимая менее 0,1 % площади океана, обеспечивают среду обитания для более чем 25 % всех морских видов [1]. Эти экосистемы играют критически важную роль в поддержании биологического разнообразия, защите береговой линии, обеспечении продовольственной безопасности и развитии туризма. Однако глобальные изменения климата, сопровождающиеся повышением температуры воды, закислением океана, а также локальные антропогенные воздействия привели к масштабной деградации

этих экосистем [2]. По оценкам экспертов, к 2050 году под угрозой исчезновения может оказаться до 90% коралловых рифов [3], что актуализирует поиск новых эффективных стратегий их сохранения.

В этом контексте морской биопроспектинг – целенаправленный поиск новых биоактивных соединений из морских гидробионтов – приобретает новое звучание. Традиционно рассматриваемый как сугубо коммерческая деятельность, он может стать мощным инструментом охраны природы, предоставляя экономические, научные и этические механизмы защиты коралловых рифов.

**Основные результаты и обсуждение.** Экономическую пользу сохранения рифов через биопроспектинг доказывают уникальные биохимические свойства их обитателей. Находясь в постоянной борьбе за жизненное пространство, сидячие формы жизни (губки, асцидии, мягкие кораллы) производят сложный набор веществ для защиты и общения. Высокая биологическая активность этих соединений делает их ценнейшим сырьём для создания новых лекарств и биотехнологий [4, 5].

Отечественные исследования подтверждают значительный потенциал рифовых организмов. Так, работы по изучению губок рода *Latrunculia* выявили перспективные дискарходные алкалоиды с цитотоксической активностью [6], а исследования мягких кораллов (Alcyonacea) демонстрируют противовоспалительные и антипролиферативные свойства их терпеноидов [7]. Успешные примеры коммерциализации, такие как противораковый препарат трабектедин из асцидии *Ecteinascidia turbinata* [8], наглядно показывают, что потенциальная стоимость неоткрытых биоактивных соединений может многократно превышать краткосрочную прибыль от разрушающей хозяйственной деятельности. Таким образом, биопроспектинг позволяет провести экономическую переоценку кораллового рифа, трансформируя его восприятие от объекта туризма и рыболовства к уникальной биохимической лаборатории с колоссальным коммерческим потенциалом.

Переходя от экономических аспектов к экологическим, следует отметить, что биопроспектинг предоставляет уникальные знания для реставрационной экологии. Изучение биохимических механизмов устойчивости рифовых организмов к стрессовым факторам открывает новые возможности для их активной защиты. Особый интерес представляет исследование симбиотической системы «коралл-зооксантеллы». Российские и зарубежные учёные вносят значительный вклад в изучение роли микробиома кораллов в формировании их устойчивости к обесцвечиванию [9]. Поиск и характеристика антиоксидантных и солнцезащитных соединений у термотолерантных видов кораллов создаёт основу для разработки препаратов, повышающих резистентность уязвимых

видов [10].

Не менее важным аспектом является изучение химических связей между организмами рифовых сообществ. Исследования аллелопатических взаимодействий, например, подавления роста макроводорослей мягкими кораллами [11], предоставляют ценную информацию для управления экосистемой. Понимание этих механизмов позволяет разрабатывать биологические методы контроля за организмами-обрастателями, что способствует поддержанию экологического баланса и создаёт научную основу для реставрационных мероприятий.

Для того чтобы биопроспектинг стал эффективным инструментом сохранения, а не дополнительной угрозой, необходимы развитие устойчивых практик и соблюдение этических норм. Ключевое значение имеет переход от массового сбора биомассы к современным биотехнологическим подходам. Перспективным направлением является развитие аквакультуры губок, кораллов и других целевых организмов в контролируемых условиях [12]. Особый интерес представляют метагеномные подходы, позволяющие клонировать гены биосинтетических путей бактериальных симбионтов и переносить их в лабораторные штаммы-продуценты, что полностью исключает необходимость изъятия организмов из природных популяций [13].

Этическая и правовая составляющая биопроспектинга находит отражение в принципах Нагойского протокола к Конвенции о биологическом разнообразии [14]. Для Российской Федерации, развивающей исследования в морских водах Дальнего Востока с богатыми рифовыми экосистемами, соблюдение этих принципов обеспечивает справедливое распределение выгод от использования генетических ресурсов и создаёт правовую основу для долгосрочного партнёрства между научными учреждениями и странами-поставщиками ресурсов.

**Выводы.** Проведённый анализ демонстрирует, что биопроспектинг коралловых рифов представляет собой многоуровневую стратегию их сохранения. Экономическое обоснование, подкреплённое успешными примерами коммерциализации, создаёт веские аргументы для защиты рифов. Научные исследования биохимических механизмов устойчивости предоставляют ключевые знания для разработки методов реставрации экосистем. Развитие устойчивых биотехнологических практик в рамках этических и правовых норм обеспечивает минимальное воздействие на природные популяции и справедливое распределение выгод.

Интеграция биопроспектинга в программы по созданию морских охраняемых районов, поддержка исследований в области метагеномики и аквакультуры рифовых организмов являются перспективными направлениями

для обеспечения будущего коралловых рифов как уникального природного и биотехнологического ресурса планетарного значения. Дальнейшее развитие этого подхода требует междисциплинарного сотрудничества экологов, химиков, юристов и экономистов для создания комплексной стратегии сохранения и устойчивого использования коралловых экосистем.

***Работа выполнена в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ (IV Конкурс студенческих научных обществ – 2025).***

Список использованной литературы:

1. Александрова М.А., Васильев А.М., Карташов М.В. Оценка морских экосистемных услуг на базе основных промысловых биоресурсов как основа устойчивого состояния Большой морской экосистемы и сохранения биоразнообразия // Вода и экология: проблемы и решения. 2018. № 2 (74). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-morskih-ekosistemnyh-uslug-na-baze-osnovnyh-promyslovyh-bioresursov-kak-osnova-ustoychivogo-sostoyaniya-bolshoy-morskoj> (дата обращения: 20.09.2025).
2. Васильев А.М., Александрова М.А. Investigation of methods of estimation of biological resources of Marine ecosystems // Астраханский вестник экологического образования. 2017. № 4 (42). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/investigation-of-methods-of-estimation-of-biological-resources-of-marine-ecosystems> (дата обращения: 20.09.2025).
3. Hughes T.P., et al. Coral reefs in the Anthropocene. Nature. 2017. № 546 (7656). P. 82-90.
4. Иванов О.А. Смена парадигм в управлении рыболовством: от концепции к реализации? // Известия ТИНРО. 2017. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/smena-paradigm-v-upravlenii-rybolovstvom-ot-kontseptsii-k-realizatsii> (дата обращения: 21.09.2025).
5. Соловьева С.В. Оценка экосистемных услуг для управления природным наследием // Государственное управление. Электронный вестник. 2018. № 69. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ekosistemnyh-uslug-dlya-upravleniya-prirodnym-naslediem> (дата обращения: 21.09.2025).
6. Картамышева Н.С., Трескова Ю.В., Биекенова А.С., Шулдякова К.А. Коралловые рифы и изменение климата на планете Земля // Науки о Земле: вчера, сегодня, завтра: материалы II Междунар. науч. конф. М.: Буки-Веди, 2016. С. 6-10. URL: <https://moluch.ru/conf/earth/archive/201/10663/>.
7. Положихина М.А. Перспективы морского рыболовства и аквакультуры



в контексте синей экономики // ЭСПР. 2022. № 2 (50). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-morskogo-rybolovstva-i-akvakultury-v-kontekste-siney-ekonomiki> (дата обращения: 21.09.2025).

8. Leal M.C., et al. Bioprospecting of marine invertebrates for new natural products—a chemical and zoogeographical perspective. *Molecules*. 2013. № 18 (8). P. 9842-9854.

9. R. Cunning, R. A. Bay, P. Gillette, A. C. Baker & N. Traylor-Knowles. Comparative analysis of the *Pocillopora damicornis* genome highlights role of immune system in coral evolution // *Scientific Reports*. 2018. V. 8. Article number: 16134. DOI: 10.1038/s41598-018-34459-8.

10. Caroline V. Palmer. Immunity and the coral crisis // *Communications Biology*. 2018. V. 1. Article number: 91. DOI: 10.1038/s42003-018-0097-4.

11. Черняева Е.В., Викторов В.П. Аллелопатические взаимодействия: перспективы прикладных исследований // Социально-экологические технологии. 2022. Т. 12. № 2. С. 220–247. DOI: 10.31862/2500-2961-2022-12-2-220-247.

12. Спиридонов В.А., Винников А.В., Голенкевич А.В., Майсс А.А. "Уязвимые морские экосистемы" и близкие понятия в практике управления морским природопользованием: концепции, терминология и возможности приложения к сохранению морской среды и биологических ресурсов // Труды ВНИРО. 2018. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uyazvimye-morskie-ekosistemy-i-blizkie-ponyatiya-v-praktike-upravleniya-morskim-prirodopolzovaniem-kontseptsii-terminologiya-i> (дата обращения: 22.09.2025).

13. Буюклян Ю. А., Закалюкина Ю. В., Остерман И. А., Бирюков М. В. Современные подходы к геномному редактированию биосинтетических кластеров антибиотиков в актиномицетах // *Acta Naturae* (русскоязычная версия). 2023. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-podhody-k-genomnomu-redaktirovaniyu-biosinteticheskikh-klasterov-antibiotikov-v-aktinomitsetah> (дата обращения: 22.09.2025).

14. Мозгова Г., Макеева Е. Цифровая информация о последовательностях в отношении генетических ресурсов // *Наука и инновации*. 2019. № 8 (198). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-informatsiya-o-posledovatelnostyah-v-otnoshenii-geneticheskikh-resursov> (дата обращения: 25.09.2025).

**Коновалова В.М., студент 3 курса направления подготовки Водные биоресурсы и аквакультура**

**Научный руководитель – Зинабадинова С.С., канд. биол. наук, доцент кафедры водных биоресурсов и марикультуры  
ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»**

## **ДЕФЕНЗИН-ОПОСРЕДОВАННЫЕ МЕХАНИЗМЫ В ГУМОРАЛЬНОМ ИММУНИТЕТЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ТАКСОНОМИЧЕСКИХ ГРУПП**

**Аннотация.** В статье представлен обзор современных данных об антимикробных пептидах, в частности, семейство дефензинов. Рассмотрены структурные особенности, классификация и эволюционная история дефензинов, а также их ключевая роль во врожденном и адаптивном иммунитете различных видов организмов. Описана важность изучения генетической вариативности дефензинов для понимания их роли в устойчивости к инфекциям.

**Ключевые слова:** дефензины, антимикробные пептиды, иммунная система, катионные пептиды.

**Введение.** Антимикробные пептиды (АМП) – это наиболее древние молекулы, имеющиеся у бактерий, грибов, животных и растений. Как правило, это небольшие пептиды из 10 – 60 аминокислотных остатков, однако они считаются одними из ключевых элементов иммунной системы живых организмов. Дефензины служат первой линией защиты против широкого спектра патогенов: бактерий, грибов и сложных вирусов с липидными оболочками [2]. Классификация АМП основана на их структуре: анионные, катионные, линейные амфифильные спиральные пептиды, пептидные фрагменты и пептиды, богатые цистеином. Катионные АМП являются наиболее важным классом для защиты иммунитета и включают в себя три основных группы: дезфензины, кателицидины и гистатины, последние из которых изучены очень слабо.

Дефензины – класс катионных антимикробных пептидов, выполняющих важную роль как во врожденном, так и в адаптивном иммунитете. Дефензины наиболее древнее и разнообразное семейство, встречающееся практически у всех многоклеточных организмов – от растений, грибов, насекомых и моллюсков до паукообразных и млекопитающих, включая человека.

Дефензины за долгое время своего существования эволюционировали,

став мощными противомикробными средствами, способными бороться с широким спектром патогенов [3]. Катионные пептиды делят на  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\theta$ -типы. Типы различаются по способу формирования дисульфидных связей и расположением шести цистеинов (у  $\alpha$ -дефензинов между C1–C6, C2–C4 и C3–C5; у  $\beta$ -дефензинов – между C1–C5, C2–C4 и C3–C6; у  $\theta$ -дефензинов имеются три пары дисульфидных связей). Последний тип представлен только у приматов – у макаков-резусов, у людей их не обнаружено. В то время как у птиц и рыб, обнаружены только  $\beta$ -дефензины, других типов они не имеют.

Большинство  $\beta$ -дефензинов – катионные антимикробные пептиды с широким спектром бактерицидной активности против бактерий, грибков и сложных вирусов. Помимо прямого антимикробного действия, они участвуют в взаимодействии с микроорганизмами, регулируя фагоцитарную активность и хемотаксис иммунных клеток. В качестве связующего звена между врождённым и адаптивным иммунитетом  $\beta$ -дефензин может использоваться для усиления иммунного ответа при вакцинации [4]. Например, у беспозвоночных животных дефензин имеет и другие функции, такие как индукция воспаления, подавление воспалительных реакций и модуляция иммунных ответов через образование комплексов с белками, нуклеиновыми кислотами и углеводами.

Гемоциты двустворчатого моллюска *Ruditapes philippinarum* способны вырабатывать дефензины, обладающие широким спектром антибактериальной активности как против грамположительных, так и против грамотрицательных бактерий. Также их дефензины способны связываться с клеточной стенкой бактерий и повышать проницаемость их мембран, что в конечном итоге приводит к гибели бактерий.

У членистоногих, в частности насекомых, дефензины представлен катионными молекулами, имеющие от 34 до 51 аминокислотных остатков. Так,  $\alpha$ -дефензины продуцируются клетками Паннета, нейтрофилами и альвеолярными макрофагами,  $\beta$ -дефензины характерны для эпителия пищеварительного тракта, ресничного эпителия трахей, эпителия почек, мочеполового тракта, потовых и слюнных желез [1]. Дефензины насекомых активны в отношении некоторых грибов и дрожжей, но в основном они направлены на грамположительные бактерии. Например, дефензин выделенный из гемолимфы иммунизированных гусениц *Heliothis virescens*, обладают преимущественно фунгицидной активностью.

В свою очередь, у костистых рыб  $\beta$ -дефензины подавляют воспаление, привлекают лейкоциты и модулируют фагоцитоз, а также усиливают эффективность вирусных вакцин. [5]. У камбалы  $\beta$ -дефензины локализуется в цитоплазме активированных клеток брюшины и способны подавлять рост грамотрицательных и грамположительных бактерий и усиливать хемотаксис

лейкоцитов из селезёнки и жаберной почки, а также стимулируют их фагоцитарную активность.

**Заключение.** Дефензины представляют собой эволюционно консервативные антимикробные пептиды, играющие многогранную роль в иммунной системе различных видов, от беспозвоночных до млекопитающих. Их участие в процессах врожденного и адаптивного иммунитета, а также в формировании внеклеточных ловушек, подчеркивает их важность в защите организма от патогенов. Различия в структуре и функциях дефензинов у разных организмов, наряду с выявленной генетической вариативностью, свидетельствуют о продолжающейся эволюции этих пептидов. Дальнейшие исследования в этой области, направленные на изучение механизмов действия дефензинов и их взаимодействия с другими компонентами иммунной системы, будут иметь важное значение для разработки новых стратегий профилактики и лечения инфекционных заболеваний.

*Работа выполнена в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ (IV Конкурс студенческих научных обществ – 2025).*

#### Список использованной литературы:

1. Кругликова А.А. Антимикробные факторы в контроле внешней и внутренней среды мясных мух (DIPTERA, CALLIPHORIDAE) биол. «Автореф...дис.канд.наук» г. Санкт-Петербург. 2013. 125 с.
2. Han Y. Antimicrobial Defensin and DNA Traps in Manila Clam *Ruditapes philippinarum*: Implications for Their Roles in Immune Responses / Y. Han, H. Gege, C. Yuying et. al. // Front. Mar. Sci. 2021. Vol. 8. doi.org/10.3389/fmars.2021.690879
3. Machado L.R. An evolutionary history of defensins: a role for copy number variation in maximizing host innate and adaptive immune responses / L.R. Machado B. Ottolini // Front. Immunol. 2015. Vol. 6. doi.org/10.3389/fimmu.2015.00115
4. Qingyi Z. High-Yield Preparation of American Oyster Defensin (AOD) via a Small and Acidic Fusion Tag and Its Functional Characterization / Z. Qingyi, Y. Na, G. Xinxu et. al. // Mar Drugs. 2023. Vol. 22 (1). DOI: 10.3390/md22010008
5. Xiaokai H. The Functions of  $\beta$ -Defensin in Flounder (*Paralichthys olivaceus*): Antibiosis, Chemotaxis and Modulation of Phagocytosis / H. Xiaokai, C. Heng, T. Xiaoqian, X. Jing, S. Xiuzhen, Z. Wenbin // Biology (Basel). 2021. Vol. 10(12). P. 12-47.

**Лучкина О.С., студент 4 курса направления подготовки Экология и природопользование**

**Научный руководитель – Гамаюнов О.А., преподаватель кафедры экологии моря**

**ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»**

## **МЕДУЗА-КОРНЕРОТ (*RHIZOSTOMA PULMO*) КАК ИСТОЧНИК БИОМЕДИЦИНСКОГО КОЛЛАГЕНА**

**Аннотация.** В условиях наблюдаемого увеличения численности сцифоидных медуз, в частности корнерота (*Rhizostoma pulmo*) в акваториях Черного и Азовского морей, традиционные подходы, направленные на снижение их популяции, оказываются малоэффективными. Данная работа рассматривает стратегию биопроспектинга, ориентированную на переработку медуз в качестве возобновляемого источника коллагена. Освещаются преимущества коллагена медуз перед традиционными источниками, его потенциальные области применения в биомедицине, косметологии и пищевой промышленности.

**Ключевые слова:** биопроспектинг, медуза-корнерот, коллаген, биоматериалы, экстракция, устойчивое использование биоресурсов.

Массовое развитие медузы-корнерота (*Rhizostoma pulmo*) в Черном и Азовском морях, обусловленное осолонением вод, повышением их температуры, традиционно рассматривается как экологическая и рекреационная проблема [3]. Однако современный подход к решению подобных задач смещается в сторону биопроспектинга – целенаправленного поиска и использования ценных биологических соединений из живых организмов. В данном контексте медузы представляют собой не «нашествие», а перспективный и возобновляемый биоресурс, ключевой ценностью которого является коллаген.

Коллаген – основной структурный белок внеклеточного матрикса животных – находит широкое применение в медицине (искусственная кожа, раневые покрытия, каркасы для тканевой инженерии), косметологии (наполнители, средства для ухода за кожей) и пищевой промышленности. Традиционные источники коллагена (крупный рогатый скот, свиньи) имеют ряд ограничений, связанных с риском зоонозных заболеваний, религиозными и этическими запретами. Коллаген морского происхождения, и, в частности, коллаген медуз, лишен этих недостатков и обладает уникальными свойствами.

Коллаген, извлекаемый из медуз, в том числе из медузы-корнерота, обладает рядом преимуществ, делающих его высококонкурентным продуктом:

1. Биобезопасность и низкая иммуногенность. Коллаген медуз демонстрирует низкую антигенность по сравнению с коллагеном млекопитающих, что снижает риск отторжения при имплантации в организм человека.

2. Высокая биосовместимость и способность к биodeградации. Эти свойства критически важны для создания рассасывающихся хирургических материалов и каркасов для регенеративной медицины.

3. Особые физико-химические свойства. Коллаген медуз сохраняет стабильность в широком диапазоне температур и обладает высокой гигроскопичностью, что ценно для создания косметических и пищевых добавок.

4. Устойчивость и возобновляемость источника. В отличие от наземных животных, цикл воспроизводства которых занимает годы, популяция медуз является быстро возобновляемой, а их добыча не наносит ущерба экосистеме, а, напротив, способствует ее балансировке [1].

Биопроспектинг коллагена из медузы-корнерота открывает несколько высокотехнологичных направлений:

Биомедицина. На основе коллагена медуз могут быть созданы инновационные раневые покрытия для лечения ожогов и хронических ран. Его пористая структура и способность поддерживать рост клеток делают его идеальным материалом для тканеинженерных конструкций, например, для восстановления хрящевой ткани или слизистых оболочек.

Косметология. Морской коллаген активно используется в сыворотках, кремах и масках для улучшения гидратации, эластичности и упругости кожи. Низкомолекулярные пептиды, полученные в результате гидролиза коллагена медуз, обладают повышенной способностью проникать в кожу, усиливая омолаживающий эффект.

Пищевая промышленность и нутрицевтика. Коллаген из медуз может стать основой для функциональных пищевых продуктов и БАДов, направленных на поддержание здоровья суставов, кожи и волос. Кроме того, сам продукт (сушеные медузы) традиционно употребляется в пищу в странах Азии и является естественным источником этого белка [4].

Научные исследования. Высокоочищенный коллаген медуз может служить в качестве субстрата для культивирования клеток в биологических исследованиях.

Коллаген медузы-корнерота представляет собой филогенетически древнюю форму белка с уникальным составом аминокислот. Для корнерота характерно высокое содержание глицина (около 30 %), пролина и

гидроксипролина, а также наличие специфических последовательностей, ответственных за его низкую иммуногенность.

К современным методам экстракции коллагена из тканей медузы-корнерота относятся следующие методики:

- Кислотная экстракция – осаждение коллагена из растворов уксусной кислоты с последующей очисткой диализом.
- Ферментативная экстракция – обработка тканей пепсином в кислотной среде для получения растворимого коллагена.
- Комбинированные методы – сочетание ультразвуковой обработки и ферментативного гидролиза для интенсификации процесса [2].

В таблице 1 представлен сравнительный анализ различных методик экстракции коллагена из медузы-корнерота.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика методов экстракции коллагена из тканей медузы-корнерота

Метод экстракции	Выход, % от сухой массы	Степень очистки	Преимущества	Недостатки
Кислотный	12-18 %	Высокая	Сохранение нативной структуры, хорошие механические свойства	Низкий выход, длительность процесса
Ферментативный	20-28 %	Средняя	Высокий выход, получение растворимых пептидов	Частичная денатурация белка
Ультразвуковой	15-22 %	Низкая / Средняя	Скорость процесса, возможность автоматизации	Сложность контроля деградации
Комбинированный	25-30 %	Высокая	Максимальный выход, контролируемая структура	Высокая стоимость ферментов

Наиболее эффективен комбинированный метод экстракции коллагена, позволяющий не только увеличить выход целевого продукта, но и управлять его молекулярно-массовым распределением для конкретных применений.

Главным фактором использования медузы-корнерота в качестве сырья для экстракции коллагена является сырьевая база, биомасса корнерота может достигать 5 млн тонн в сезон, возобновляемость ресурса достигает 100 % и себестоимость сырья в 15-20 раз ниже традиционного [3].

Несмотря на очевидный потенциал, развитие биопроспектинга корнерота в России сталкивается с рядом вызовов:

Технологические сложности. Необходимо разработать и оптимизировать эффективные, рентабельные и масштабируемые методы экстракции и очистки коллагена, обеспечивающие сохранение его нативной структуры и биологической активности.

Нормативно-правовые барьеры. В настоящее время необходимо включение медуз в перечень водных биоресурсов, что требует лицензирования промысла. Для успешной реализации направления также нужно детализировать нормативную базу и создать специализированные технические регламенты на продукцию из желетелых гидробионтов.

Логистика и инфраструктура. Требуется создание цепочек сбора, транспортировки и первичной переработки сырья, которое на 95% состоит из воды и требует быстрой обработки.

Фокусирование усилий на разработке технологий переработки, адаптации нормативной базы и привлечении инвестиций в данный сектор позволит трансформировать экологический вызов в драйвер инновационного развития. Это не только будет способствовать решению проблемы «цветения» медуз, но и откроет новые рынки биомедицинских, косметических и пищевых продуктов на основе уникального и устойчивого морского ресурса.

***Работа выполнена в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ (IV Конкурс студенческих научных обществ – 2025).***

#### Список использованной литературы:

1. Иванов А.А. Биопроспектинг желетелого планктона: коллаген из медуз // Вестник биотехнологии. 2023. Т. 15. № 2. С. 78–89.
2. Куликова Ю.В., Сухих С.А., Бабич О.О. Методы экстракции морского коллагена для решения задач регенеративной медицины. // Регенерация органов и тканей. 2024. Т. 2(1). С. 29-45.
3. Мирзоян З.А., Мартынюк М.Л., Хренкин Д.В., Афанасьев Д.Ф. Развитие популяций сцифоидных медуз *Rhizostoma pulmo* и *Aurelia aurita* в Азовском море // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2. № 2. С. 27-35.
4. Ушакова З.Е., Есина Л.М., Белякова И.А., Штенин Д.В. Медузы *Rhizostoma pulmo* – альтернативный и безопасный источник сырья для производства соленой продукции // Теория и практика мировой науки. 2022. № 11. С. 62-66.



**Платонова С.Е., студентка 1 курса направления подготовки Ветеринарно-санитарная экспертиза**

**Научный руководитель – Сафронова О.В., доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры товароведения и таможенного дела**

**ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева»**

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЭКСПЕРТИЗЫ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКТОВ ИЗ МОРСКИХ БИОРЕСУРСОВ: ОТ ТРАДИЦИОННОГО КОНТРОЛЯ К ИННОВАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ**

**Аннотация.** В статье проведен комплексный анализ эволюции методологии экспертизы продукции из гидробионтов. Рассмотрены классические органолептические, физико-химические и микробиологические методы, составляющие основу действующего нормативного контроля. Особое внимание уделено инновационным подходам: спектроскопическим, молекулярно-генетическим методам и биосенсорике, обеспечивающим высокую скорость, специфичность и автоматизацию. Освещены методы оценки биологической активности продукции, а также нормативно-правовая база на национальном и международном уровне.

**Ключевые слова:** морские биоресурсы, контроль качества, органолептический анализ, ПЦР, ИК-спектроскопия, биосенсоры, биологическая активность, прослеживаемость, блокчейн.

Морские биоресурсы являются ценным источником белка, длинноцепочечных омега-3 жирных кислот, витаминов и микроэлементов. Однако их качество и безопасность зависят от множества факторов, а именно: экологического состояния ареала обитания, технологий вылова и переработки, условий хранения и транспортировки. В связи с этим, разработка и совершенствование методов ветеринарно-санитарной экспертизы данной продукции выступает на первый план для обеспечения потребительской безопасности, предотвращения фальсификации и подтверждения заявленной ценности. Современная система контроля представляет собой симбиоз, проверенных временем, традиционных методов и быстро, развивающихся высокотехнологичных решений [1,2,3].

Фундаментом ветеринарно-санитарной экспертизы являются традиционные методы контроля качества продукции. Данная группа методов,

несмотря на появление новых технологий, остается обязательной и регламентированной на законодательном уровне [1,3]. К ним относится органолептический анализ, является первичным и быстрым методом, основанном на оценке с помощью органов чувств (зрения, обоняния, осязания, вкуса). Он позволяет определить свежесть рыбы (прозрачность глаз, состояние жабер, консистенцию мяса), наличие посторонних запахов, характер консистенции [3].

Несмотря на субъективность, этот анализ является незаменимым для оперативной оценки и закреплён в стандартах (ГОСТ 7631-2013).

Физико-химические показатели дают количественную оценку состава и свежести. Ключевыми из них являются: содержание влаги (влияет на консистенцию и выход продукции); массовая доля жира и белка (основные показатели пищевой ценности; кислотное и перекисное число жира – индикаторы окислительной порчи; гистамин (для семейства скумбриевых) – показатель микробиологической порчи, опасный для здоровья; соли тяжелых металлов (ртуть, кадмий, свинец) и пестициды – показатели экологической безопасности [3].

Микробиологические исследования направлены на выявление и подсчет потенциально опасных микроорганизмов (сальмонеллы, листерии, *Vibrio parahaemolyticus*), токсинов, а также общих показателей (КМАФАнМ, БГКП). Эти анализы критически важны для подтверждения санитарно-эпидемиологической безопасности, особенно для продукции холодного и слабого посола, морепродуктов [3].

Развитие аналитического приборостроения и биотехнологий открыло новые возможности для глубокого и экспресс-контроля. Разработаны следующие методы:

1) Спектроскопические методы:

- Инфракрасная (ИК) спектроскопия, в частности, ближнего диапазона (NIR). Позволяет за секунды неразрушающим методом определить химический состав (влагу, белок, жир) непосредственно на производственной линии. Набирает популярность гиперспектральная визуализация для выявления дефектов и загрязнений.

- Рамановская спектроскопия: эффективна для идентификации видовой принадлежности, обнаружения добавленных веществ (например, гелеобразователей) и анализа кристаллической структуры полиненасыщенных жирных кислот.

2) Молекулярно-генетические методы:

- ПЦР-анализ (полимеразная цепная реакция) в реальном времени является «золотым стандартом» для видовой идентификации и выявления фальсификации

(замена дорогих видов дешевыми), а также для детекции патогенных микроорганизмов (сальмонелла, листерия) с высокой специфичностью.

3) ДНК-штрихкодирование: метод, основанный на анализе коротких стандартных фрагментов генома (чаще всего гена COI), позволяет создать уникальный генетический «штрихкод» для каждого вида гидробионтов. Это мощный инструмент для борьбы с ННН-промыслом (незаконный, несообщаемый и нерегулируемый) и контроля подлинности в сложных продуктах (консервы, сурими).

4) Биосенсоры для экспресс-анализа. Эти устройства сочетают биологический чувствительный элемент (антитела, ферменты, ДНК-зонды) с физическим преобразователем. Позволяют в полевых или цеховых условиях за несколько минут определить наличие конкретных загрязнителей (антибиотиков, токсинов, патогенов) без сложной пробоподготовки.

Для функциональных продуктов и БАД на основе морского сырья необходимы методы, доказывающие их полезные свойства. К ним относятся методы оценки биологической активности:

- тесты на антиоксидантную активность (DPPH, FRAP, ORAC) оценивают способность экстрактов нейтрализовать свободные радикалы, что коррелирует с содержанием каротиноидов (в водорослях), астаксантина (в криле, лососе), пептидов.

- скрининг биологически активных соединений проводится с помощью хроматографических методов (ВЭЖХ, ГХ-МС) для количественного определения отдельных ценных компонентов: омега-3 ПНЖК (ЭПК и ДГК), витаминов, хитина и хитозана.

- Клеточные и ферментативные тесты *in vitro* моделируют воздействие веществ на конкретные биохимические процессы (противовоспалительная, антидиабетическая активность), что является предварительным этапом перед дорогостоящими клиническими исследованиями.

Эффективный контроль качества и безопасности продуктов из морских биоресурсов невозможен без четкой регламентации нормативно-правовых стандартов [1]. К ним относятся:

1) Международные стандарты: Системы менеджмента безопасности пищевой продукции (ISO 22000, FSSC 22000), стандарты Codex Alimentarius (например, по допустимым уровням гистамина или тяжелых металлов), директива ЕС и требования FDA (США) задают глобальные тренды и являются ориентиром для стран-экспортеров;

2) Российские нормативные документы: Основу составляют межгосударственные ГОСТы (например, ГОСТ 34137-2017 на живую рыбу, ГОСТ на консервы), а также технические условия (ТУ) предприятий. Ключевая

задача – гармонизация национальных требований (ТР ТС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции») с международными, что облегчает выход на внешние рынки.

В сфере экспертизы качества продуктов из морских биоресурсов с использованием инновационных методов, действительно, существует ряд проблем, которые можно структурировать следующим образом:

- отсутствие единых протоколов для новых методов анализа (например, спектроскопии, биосенсоров, искусственного интеллекта);
- традиционные методы (микробиологические, органолептические) остаются эталонными, но их сравнение с инновационными подходами не всегда корректно;
- нехватка специалистов, способных работать с современными системами;
- нормы и ГОСТы не успевают адаптироваться под новые технологии;
- многие инновационные методики остаются в статусе экспериментальных из-за отсутствия грантов и коммерческого интереса;
- различия в составе (неоднородность биоресурсов) в зависимости от сезона, региона вылова, вида обработки.

Однако, существует ряд перспективных решений данной проблемы.

1. Автоматизация и роботизация процессов экспертизы, интеграция средств NIR-анализа и компьютерного зрения в единые производственные линии для онлайн-контроля.

2. Внедрение технологий блокчейн и RFID-меток для создания цифровой прослеживаемости всей цепочки поставок — от вылова до прилавка. Это повысит прозрачность, позволит быстро изымать небезопасную продукцию и бороться с фальсификацией.

3. Развитие «омиксных» технологий (протеомика, метаболомика) для создания интегральных «отпечатков» качества и подлинности продукции.

4. Создание портативных мультиплексных платформ на базе биосенсоров или микрочипов для одновременного анализа десятков показателей в одной пробе.

5. Разработка отраслевых стандартов для новых методов и т.д.

Таким образом, экспертиза продуктов из морских биоресурсов переживает период трансформации, двигаясь от субъективных оценок и трудоемких методов к объективным, высокоскоростным и информационным технологиям.

Будущее отрасли видится в синергии методов: традиционный контроль остается обязательным фундаментом, в то время как инновационные подходы обеспечивают глубину, скорость и невозможные ранее возможности идентификации. Успешное внедрение этих технологий, подкрепленное

адекватной нормативной базой и цифровыми решениями для прослеживаемости, станет ключом к обеспечению глобальной безопасности, качества и подлинности ценной морской продукции на потребительском рынке.

Список использованной литературы:

1. Волков А.Х., Папуниди Э.К., Якупова Л.Ф. Оценка качества и безопасности рыбы и морепродуктов: учебное пособие. Казань, 2020. 154 с.
2. Волченко В.И., Николаенко О.А., Шокина Ю.В. Методы исследования рыбы и рыбных продуктов // 2-е изд., переработанное и дополненное. СПб.: Изд-во «Лань», 2020. 148 с.
3. Сытова М.В. Методические подходы к оценке качества пищевой рыбной продукции с использованием сенсорного анализа: научный обзор // Труды ВНИРО. 2023 г. Т. 191. С. 124-141.

**Рутковская А.А., студент 4 курса направления подготовки Водные биоресурсы и аквакультура, лаборант центра отраслевых компетенций**  
**Научный руководитель – Туркулова В.Н., руководитель центра отраслевых компетенций, старший преподаватель кафедры водных биоресурсов и марикультуры**  
**ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»**

**ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОСАДКИ НА ТЕМП РОСТА И ВЫЖИВАЕМОСТЬ МОЛОДИ АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА *CHERAX QUADRICARINATUS* (VON MARTENS, 1868) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ АКВАРИАЛЬНОЙ ЦЕНТРА ОТРАСЛЕВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ФГБОУ ВО «КГМТУ»**

**Аннотация.** Приведены данные по влиянию разной плотности посадки – 50 экз./м<sup>2</sup>, 100 экз./м<sup>2</sup> и 150 экз./м<sup>2</sup> на темп роста и выживаемость молоди австралийского красноклешневого рака от 20-ти суточного до 60-ти суточного возраста при выращивании в лотках объемом 0,12 м<sup>3</sup> и площадью 0,6 м<sup>2</sup> при температуре воды в диапазоне 26-28 °С. Выявлено, что оптимальным вариантом плотности посадки 20-ти суточной молоди австралийского красноклешневого рака является 50 экз./м<sup>2</sup>. При данной плотности посадки наблюдают наиболее высокий темп роста и выживаемость, низкий кормовой коэффициент и меньшее количество молоди с повреждением переопод.

**Ключевые слова:** австралийский красноклешневый рак, аквариальная, лотки, молодь, плотность посадки, темп роста, выживаемость, повреждение переопод.

**Введение.** По данным ряда зарубежных и отечественных исследователей, Спотт, 1983, Стикни, 1986, Федотов, 1993, Лагуткина и др., 2008, 2010а, 2010б, 2012, плотность посадки является одним из основополагающих показателей в биотехнике культивирования гидробионтов индустриальными методами. При интенсивном выращивании объектов аквакультуры в выростных емкостях их плотность посадки может достигать очень высокого уровня и таким образом влиять на накопление в бассейнах метаболитов, оказывающих негативное воздействие на физиологические процессы, темп роста и выживаемость [1-7].

Речные раки обладают плотными покровами и могут получить существенные повреждения или погибнуть только в период линьки, или если

нападающая особь значительно превосходит их по размеру. В этот период вероятность возникновения агрессивных взаимодействий, результатом которых будет гибель недавно перелинявшей особи, выше всего и напрямую зависит от плотности содержания. В естественных условиях при низкой плотности посадки частота таких встреч незначительна. Линяющие особи до момента затвердения покровов предпочитают не покидать убежищ. При содержании в искусственных условиях при высокой плотности посадки частота нежелательных контактов увеличивается, что приводит к повреждению и гибели особей.

В сравнении со многими другими видами десятиногих ракообразных австралийский красноклешневый рак считается менее агрессивным видом речных раков. Одной из главных причин, способствующих масштабному внедрению этого вида в аквакультуру, служит меньшая интенсивность проявления каннибализма и агрессии. Но, несмотря на тот факт, что австралийский красноклешневый рак менее агрессивен, чем многие другие виды речных раков, проблема каннибализма существует и при культивировании этого вида в ограниченном пространстве. Проявляется она в случае создания высокой плотности содержания, отсутствии или недостатке убежищ, неполноценном кормлении. Помимо этого, являясь донными животными, как и другие десятиногие ракообразные, австралийский красноклешневый рак фактически не использует весь объем бассейнов [9-10].

По мнению Борисова, 2024, «учитывая хозяйственно полезные качества красноклешневого рака, можно ожидать, что продуктивность бассейнов будет заметно выше, чем, например, при выращивании в аналогичных условиях более агрессивных гигантских пресноводных креветок» [9].

При культивировании высших ракообразных в значительной степени продуктивность выростных систем определяется количеством выжившей молоди и ее темпом роста.

**В связи с этим, целью наших экспериментальных исследований** явилось определение степени влияния разной плотности посадки на темп роста и выживаемость австралийского красноклешневого рака при его выращивании в условиях аквариальной центра отраслевых компетенций ФГБОУ ВО «КГМТУ».

**Материал и методы исследований.** Исследования были проведены в аквариальной центра отраслевых компетенций в течение 60 суток в период с 08.09.2025 г. по 08.11.2025 г. Молодь содержали в 3 прямоугольных лотках объемом по 120 л. Площадь каждой емкости – 0,6 м<sup>2</sup>.

Молодь в возрасте 30 суток средней массой от 0,27 до 0,29 г разделили на три группы, которые рассадили по лоткам при разной плотности посадки. Группа I – плотность посадки 50 экз./м<sup>2</sup>; группа II – 100 экз./м<sup>2</sup>; группа III – 150 экз./м<sup>2</sup>;

Молодь выращивали в отстоянной водопроводной воде. Подмену воды в

лотках на 50 % от общего объема проводили 2 раза в неделю. Очистку воды в лотках осуществляли внутренним губчатым фильтром HOMEFISH –1200 на 150 л. Аэрирование воды проводили сжатым воздухом с помощью двухканального микрокомпрессора HOMEFISH – 630 на объем 60 – 400 л. Оптимальную температуру воды в диапазоне 26–28 °С поддерживали подогревом воды в лотках нагревателем мощностью 200 Вт.

Для гидрохимического контроля параметров среды в аквариумах использовали базовый набор тестов для воды НИЛПА – 8 для определения основных показателей: рН–среды, жесткость воды – GH, аммиак свободный  $\text{NH}_3$ , аммонийный азот  $\text{NH}_4$ , нитраты –  $\text{NO}_3$ , нитриты –  $\text{NO}_2$ .

Содержание растворенного в воде кислорода и процент его насыщения определяли портативным термооксиметром Самара – 2Б стандартными методами.

Морфометрические измерения проводили с помощью стандартных методов измерения и взвешивания речных раков [9, 11]. Зоологическую (общую длину) измеряли от тельсона до конца рострума с помощью линейки с миллиметровыми делениями с точностью до 0,1 мм.

Взвешивание производителей проводили на электронных весах с ценой деления 1 г, а молоди – на торсионных весах с точностью до 1 мг.

Для кормления молоди использовали стартовый комбикорм Карп старт 48/10 производства Тверского комбикормового завода ООО «КИН» с размером гранул (крупки) от 0,1 до 1,5 мм, суточный рацион в среднем составил 10 % от общей биомассы/сутки, кормление 4 раза в день.

За период исследований общее количество исследованных особей австралийского красноклешневого рака составило 180 экземпляров.

Полученный материал обрабатывали методами вариационной статистики с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel. Достоверность различий определяли по t-критерию Стьюдента при  $p \leq 0,05$  [12].

### **Основная часть.**

Анализ гидрохимических показателей по температуре, содержанию растворенного в воде кислорода, рН–среды, жесткости воды, свободного аммиака, аммонийного азота, нитратов и нитритов, в выростных емкостях с экспериментальными группами молоди позволил установить, что их значения находятся в оптимальном диапазоне для культивирования австралийского красноклешневого рака в соответствии с рекомендациями ФАО, 2024, технологическими нормативами отечественных исследователей – Жигин и др., 2017б, Зволинский, 2017б, Борисов и др., 2024 [13-15].

В таблице и на рисунке приведены результаты выращивания молоди и динамика массы австралийского красноклешневого рака при разной плотности



посадки.

Таблица – Результаты выращивания молоди австралийского красноклешневого рака при разной плотности посадки

Показатели	Значения		
Период опыта, сут.	60	60	60
Плотность посадки, экз./м <sup>2</sup>	50	100	150
Площадь лотка, м <sup>2</sup>	0,6	0,6	0,6
Кол-во особей в емкости, экз.			
исходное	30	60	90
конечное	23	38	52
Общая выживаемость, %	76,7	63,3	57,8
Из них с повреждениями переопод, %			
Средняя масса, г:			
исходная	0,28 ± 0,02	0,29 ± 0,02	0,27 ± 0,03
конечная	4,15 ± 0,24*	2,82 ± 0,18	2,38 ± 0,20
Абсолютный прирост средней массы тела, г	3,87	2,53	2,11
Среднесуточный прирост массы тела, г/сут.	0,065	0,042	0,035
Общая биомасса, г:			
исходная	8,4	17,4	24,3
конечная	95,45	107,16	123,76
Абсолютный прирост общей биомассы, г	87,05	89,76	99,46
Суточный рацион от массы тела, %	10	10	10
Расход корма, г	91,875	140,026	181,017
Затраты корма, г/г прироста биомассы, КК	1, 05	1,56	1,82
Выход продукции, г/м <sup>2</sup>	159,1	178,6	206,3

\* 4,15 ± 0,24\* - Различия средней массы молоди достоверны при уровне значимости  $p < 0,01$  со вторым и третьим вариантами эксперимента

Из данных, приведенных в таблице и на рисунке видно, что темп роста был выше в группе I при плотности посадки 50 экз./м<sup>2</sup>. При одинаковой начальной средней массе 0,27 – 0,29 г по окончании эксперимента в первой группе молоди конечная средняя масса особей достоверно отличалась от двух других вариантов плотности посадки. Достоверных различий между вариантами с плотностью посадки 100 и 150 шт./м<sup>2</sup> не отмечено.

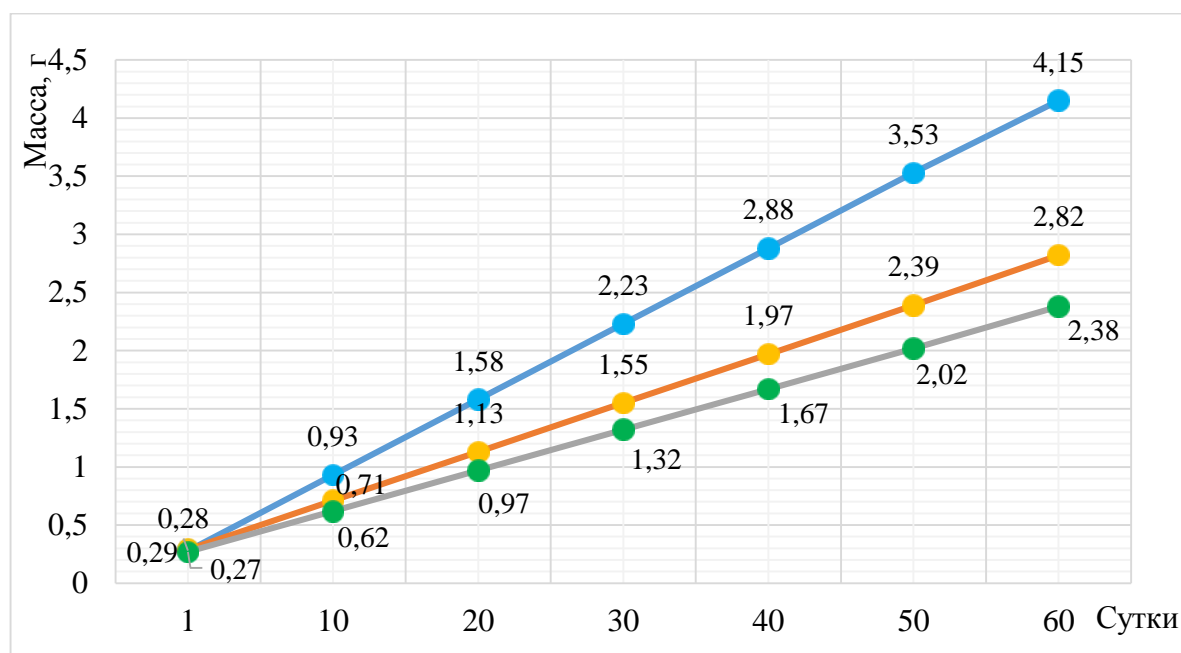


Рисунок – Динамика массы молоди австралийского красноклешневого рака при разной плотности посадки

При содержании молоди в условиях невысокой плотности посадки – 50 экз./м<sup>3</sup> были отмечены максимальные показатели по абсолютному и среднесуточному приросту массы тела и наименьший кормовой коэффициент.

Вместе с тем такие показатели, как абсолютный прирост общей биомассы, продуктивность выростной емкости оказались максимальными при плотности посадки 150 экз./м<sup>2</sup>. Это можно объяснить большей конечной численностью особей по окончании эксперимента.

Также были получены данные по выживаемости молоди рака на 60 суток эксперимента. Было выявлено, что максимальная выживаемость отмечена при минимальной плотности посадки 50 экз./м<sup>2</sup> и составила 78 %, средний уровень – 63 % при плотности посадки 100 экз./м<sup>2</sup> и минимальные показатели наблюдали при высокой плотности посадки молоди 150 экз./м<sup>2</sup> – 57 %. При минимальной плотности посадки у молоди отмечали меньшее количество особей с поврежденными переоподами. На 60 суток их количество составило 18 %, в то время, как при максимальной плотности посадки достигло почти 42 %.

Фактически, все случаи гибели молоди были связаны с проявлениями каннибализма. Утрата у рачат переопод также явилась результатом агрессивных взаимодействий. Наиболее критичным для дальнейшего роста молоди раков считается утрата первых переопод, поскольку их регенерация требует существенных энергетических затрат, кроме того, их отсутствие негативно сказывается на возможности активной конкуренции в группе за корм. Восстановление первых переопод происходит медленно, и в течение следующих

нескольких линек они остаются существенно меньше, чем у неповрежденных особей [3,9].

**Выводы.** Таким образом, на основании проведенных исследований был сделан вывод о том, что оптимальным вариантом плотности посадки 20-ти суточной молоди австралийского красноклешневого рака является 50 экз./м<sup>2</sup>. При данной плотности посадки наблюдают наиболее высокий темп роста и выживаемость, низкий кормовой коэффициент и меньшее количество особей с повреждением переопод.

*Работа выполнена в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ (IV Конкурс студенческих научных обществ – 2025)*

#### Список использованной литературы:

1. Спотт С. Содержание рыбы в замкнутых системах. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1983. 192 с.
2. Стикни Р. Принципы тепловодной аквакультуры. М.: Агропромиздат, 1986. 386 с.
3. Федотов В.П. Разведение раков. СПб.: Биосвязь, 1993. 108 с.
4. Лагуткина Л.Ю., Пономарев С.В. Новый объект тепловодной аквакультуры австралийский красноклешневый рак (*Cherax quadricarinatus*) // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2008. № 6 (47). С. 220–223.
5. Лагуткина Л.Ю., Пономарев С.В. Способ выращивания австралийских раков (*Cherax quadricarinatus*) // Естественные науки. Журнал фундаментальных и прикладных исследований. 2010. № 4 (33). С. 64–68.
6. Лагуткина Л.Ю., Пономарев С.В. К морфометрическим показателям австралийских раков *Cherax quadricarinatus* // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2010. № 2. С. 14–18.
7. Лагуткина Л.Ю., Пономарев С.В. Способ выращивания австралийских раков (*Cherax quadricarinatus*) // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2012. № 5. С. 67–71.
8. Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Акимова М.Ю., Паршин-Чудин А.В. Биология и культивирование австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1898). М.: ВНИРО, 2013. 47 с.
9. Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Жигин А.В., Никонова И.Н., Кряхова Н.В. Аквакультура австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus*

(von Martens, 1868): монография. М.: ВНИРО, 2024. 200 с.

10. Киселёв А.Ю., Новосельцев Г.Е., Филатов В.И. Технология выращивания молоди раков до массы 1 г в установках с замкнутым водоснабжением. М., 1995. 12 с.

11. Черкашина Н.Я. Сборник инструкций по культивированию раков и динамике их популяций. Ростов-на-Дону: Медиа-полис. 2007. 118 с.

12. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа. 1980. 293 с.

13. FAO 2024. *Cherax quadricarinatus*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Jones, Fisheries and Aquaculture Division. Rome: FAO Publ., 2024. URL: [https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/cherax\\_quadricarinatus/en](https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/cherax_quadricarinatus/en).

14. Жигин А.В., Арыстангалиева В.А., Ковачева Н.П. Влияние температуры воды на рост и выживаемость австралийских красноклешневых раков // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию рыбохозяйственного образования на Камчатке. Петропавловск-Камчатский: Изд-во Камчатского государственного технического университета, 2017. Ч. 1. С. 86–89.

15. Зволинский, В.П. Изучение адаптивного потенциала австралийского рака *Cherax quadricarinatus*, культивируемого в Астраханской области / В.П. Зволинский, В.Ф. Зайцев, В.Н. Крючков. И.В. Волкова, Н.И. Матвеева, Г.Е. Исамбекова // Экологические аспекты природопользования Северного Прикаспия. Волгоград: Изд-во Волгоградского государственного аграрного университета, 2017. С. 349–393.

**Середа Д.А., студент 3 курса направления подготовки Экология и  
природопользование**

**Научный руководитель – Зинабадинова С.С., канд. биол. наук, доцент  
кафедры экологии моря**

**ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический  
университет»**

## **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ СТАРТОВЫХ КОРМОВЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Аннотация.** В статье рассматривается одна из актуальных задач в современной аквакультуре. В последние годы все больше исследований посвящается проблемам использования микроводорослей в качестве стартовых кормов при выращивании личинок рыб. В современной аквакультуре в роли стартовых кормов традиционно применяются фитопланктон (микроводоросли) и зоопланктон (инфузории, коловратки, науплии рачков). Подбор наилучшего корма или их сочетания – это комплексная задача, которая требует учитывать как биологию выращиваемых личинок, так и питательность, и экономическую целесообразность производства самого корма.

**Ключевые слова:** микроводоросли, стартовые корма, *Tetraselmis sp.*, *Nannochloropsis sp.*

**Введение.** Выживаемость на ранних, наиболее чувствительных этапах развития – ключевой фактор, определяющий успех в промышленном разведении гидробионтов [9]. Для личиночной стадии свойственны интенсивный рост, сложные процессы метаморфоза и особые потребности в питании, удовлетворить которые способны преимущественно живые кормовые объекты [2, 12].

Микроводоросли составляют основу трофической цепи в аквакультуре. Для таких объектов, как личинки устриц и мидий, они выступают в качестве основного, а зачастую и единственного источника пищи на начальных стадиях [2]. Эффективность использования водорослей в рационе зависит от их вида, биохимического состава, физиологического состояния и степени усвояемости.

Диатомовые водоросли, например, *Skeletonema costatum*, которые служат отличным источником белка и способствуют росту, широко зарекомендовали себя в рационе моллюсков [1, 11]. Представители зеленых водорослей (*Tetraselmis sp.*, *Chlorella vulgaris*) ценны высоким содержанием витаминов [7,

13]. Для личинок рыб, особенно в период перехода на внешнее питание, чрезвычайно важно наличие в корме длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот, таких как эйкозапентаеновая кислота и докозагексаеновая кислота. Водоросли рода *Nannochloropsis* (*N. oculata*, *N. oceanica*) характеризуются высоким содержанием липидов и полиненасыщенных жирных кислот, что делает их высокоэффективным кормовым ресурсом [5].

Биохимия микроводорослей изменчива и в значительной степени зависит от параметров окружающей среды. Таким образом, на рост и синтез питательных веществ у *Tetraselmis* sp. напрямую влияют интенсивность освещения и соленость воды [7]. Температурный режим определяет продуктивность культуры, а стрессовые факторы (например, высокая концентрация CO<sub>2</sub>) могут изменять липидный профиль, как показано на примере *Dunaliella salina* [8]. Таким образом, для получения биомассы с требуемыми питательными свойствами необходим строгий контроль за процессом культивирования [5, 14].

Исследования личинок черноморского калкана (*Scophthalmus maeoticus*) показали, что включение в их рацион морских микроводорослей улучшает рост и развитие, снижает смертность и ускоряет метаморфоз [11]. Специалисты отмечают, что водоросли выполняют не только прямую кормовую функцию, но и улучшают среду обитания, стабилизируя качество воды и являясь пищей для зоопланктона (коловраток, инфузорий) в составе поликультуры [12, 14].

По мере развития личинок рыб их потребности в пище возрастают, и микроводоросли сами по себе уже не могут обеспечить их всем необходимым с точки зрения размера частиц и питательной ценности. На этом этапе незаменимыми становятся живые подвижные корма – представители зоопланктона [9]. Для личинок рыб наиболее эффективен последовательный или комбинированный подход: микроводоросли → инфузории/коловратки → науплиевые веслоногие моллюски → более крупные формы зоопланктона [9, 14].

Для личинок рыб микроводоросли в первую очередь играют важную косвенную роль: они служат стартовой пищей для отдельных видов, улучшают водные условия и, что особенно важно, являются пищей для культивируемого зоопланктона (науплиевые рачки, коловратки). Организмы зоопланктона, питательная ценность которых также напрямую зависит от качества потребляемых ими водорослей, имеют непосредственное пищевое значение для рыб [5, 9].

Процесс выращивания микроводорослей технологически более упорядочен и лучше поддается контролю, включая поддержание чистоты урожая [1, 6, 14]. Массовое выращивание копепод и инфузорий связано с трудностями поддержания стабильности популяции, рисками заражения сельскохозяйственных культур и более сложной организацией технологического

процесса [3, 4, 10].

Оптимальным решением в марикультуре является создание единой системы, в которой выращивание микроводорослей становится основой для производства высококачественного зоопланктона. Переход к кормлению личинок рыб зоопланктоном должен быть своевременным и основываться на данных о его питательной ценности, которая обеспечивается оптимальным водорослевым рационом [9, 12].

**Заключение.** Вопрос о выборе между микроводорослями и зоопланктоном в качестве основного корма некорректен. Эти группы являются взаимосвязанными и последовательными звеньями одной пищевой цепи. Эффективность кормления определяется не выбором какой-то одной альтернативы, а умелым сочетанием и грамотным управлением всем запасом кормов.

Таким образом, получение высокопродуктивных и биохимически ценных культур микроводорослей является одной из актуальных задач современной аквакультуры. Увеличение выживаемости личинок рыб на ранних этапах развития зависит от стабильного производства зоопланктона (веслоногих моллюсков, инфузорий), качество которого в основном зависит от водорослевого субстрата. Поэтому совершенствование технологий массового выращивания микроводорослей с заданными свойствами является краеугольным камнем развития эффективной и устойчивой марикультуры в целом.

***Работа выполнена в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных обществ (IV Конкурс студенческих научных обществ – 2025)***

Список использованной литературы:

1. Алатарцева О.С., Стельмах Л.В., Бабич И.И. Видовая идентификация и физиологическое состояние черноморской микроводоросли *Skeletonema costatum* в системах экологического мониторинга // Системы контроля окружающей среды. 2023. № 1. С. 89-98.
2. Библиотека фермера рыбовода // Пищевые рационы для личинок устриц и мидий. URL:<https://biblio.arktifiksh.com/index.php/vyrashchivanie-midij-i-ustrits-v-chernom-more/1264-4-5-pishchevye-ratsiony-dlya-lichinok-ustrits-i-midij> (дата обращения: 10.11.2025).
3. Бобова А.С., Заиченко Е.А., Яховская А.Р., Картамышев Д.М., Заремба Н.Б. Результаты экспериментальных работ по определению эффективности применения питательных сред в разных температурных диапазонах при

массовом культивировании копепод и инфузорий В сборнике: Глобальные научные тенденции: интеграция и инновации // Глобальные научные тенденции: интеграция и инновации. 2024. С. 6-13.

4. Бобова А.С., Заиченко Е.А., Яховская А.Р., Картамышев Д.М., Заремба Н.Б. Результаты экспериментальных работ по определению эффективности применения питательных сред в разных температурных диапазонах при массовом культивировании копепод и инфузорий // Наука и глобальные вызовы: перспективы развития. 2025. С. 18-25.

5. Волкова Е.В., Петров А.С. Оптимизация условий культивирования микроводоросли *Nannochloropsis oculata* для получения биомассы с высоким содержанием липидов // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. Т. 56. № 4. С. 123–135.

6. Горбунова С.Ю., Тренкеншу Р.П. Опыт получения альгологически чистой культуры *Tetraselmis viridis* Rouch. в нестерильных условиях // Вопросы современной альгологии. 2020. № 1 (23). С. 22.

7. Григорьева О.Ю., Белозерова И.М. Влияние интенсивности света и солености на рост и биохимический состав штаммов *Tetraselmis sp.* из Белого моря // Альгология. 2019. Т. 29. № 2. С. 45–58.

8. Мурадян Е.А. Влияние экстремально высокой концентрации CO<sub>2</sub> на функциональное состояние фотосинтетического аппарата и обмен липидов *Dunaliella salina*. 2003. С. 26-32.

9. Новоселова Н.В. Живые корма – важнейшее звено в биотехнологии выращивания морских рыб. Некоторые особенности культивирования морского зоопланктона // Труды ЮгНИРО. 2012. Т. 50. С. 134–151.

10. Новоселова Н.В., Туркулова В.Н. Динамика роста популяций копепод (подотряд Calanoida) в бассейнах и прудах при разной температуре культуральной среды из вод Керченского пролива // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2. № 1. С. 88–96.

11. Опекунова А.А., Булли Л.И. Влияние морских микроводорослей на рост и развитие личинок черноморского калкана // Труды Южного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. 2014. Т. 52. С. 149-156.

12. Портная Т.В. Биотехнология в рыбоводстве. Выращивание живых кормов: учебно-методическое пособие. Горки: БГСХА. 2021. 129 с.



Середа Д.А., студент 3 курса направления подготовки Экология и  
природопользование

Научный руководитель – Зинабадинова С.С., канд. биол. наук, доцент  
кафедры экологии моря

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический  
университет»

## СРАВНЕНИЕ АДАПТАТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ *DUNALIELLA SALINA* И *ARTHROSPIRA PLATENSIS* В ОТВЕТ НА ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩИЕ СРЕДЫ

**Аннотация.** В статье рассматриваются адаптативные механизмы зеленых водорослей (на примере *Dunaliella salina*) и цианобактерий (на примере *Arthrospira platensis*). Проведен сравнительный анализ клеточных механизмов противодействия экстремальным условиям окружающей среды (высокая соленость, высокая щелочность). Приведены примеры ценных, биологически активных веществ, которые вырабатываются у исследуемых объектов в качестве компенсаторно-приспособительных клеточных реакций в ответ на воздействие негативных факторов среды.

**Ключевые слова:** *Dunaliella salina*, биоактивные соединения, *Arthrospira platensis*, клеточные механизмы адаптации.

**Введение.** Изучение того, как живые организмы адаптируются к экстремальным условиям окружающей среды, является одной из ключевых задач экологической физиологии. Полученные знания служат основой для практических биотехнологий. Особую роль в такой работе играют экстремофильные микроскопические водоросли и цианобактерии. Они не только выживают, но и активно растут в среде, вредной для большинства других видов [1-5]. Классическими и хорошо изученными примерами здесь являются зеленая водоросль *Dunaliella salina*, обитающая в водоемах с очень высокой соленостью, и цианобактерия спиролина (*Arthrospira platensis*), обитающая в щелочных озерах. Их уникальная устойчивость к экстремальным уровням соли, pH, температуры и освещенности делает их идеальными моделями для изучения реакции фотосинтезирующих организмов на стресс [1, 5].

Водоросли рода *Dunaliella* являются классической моделью для изучения осмотического стресса и механизмов фотозащиты. Эти одноклеточные подвижные организмы демонстрируют удивительную эвригалинную

активность, то есть способность существовать в водоемах с широким диапазоном солености, от морской воды до почти насыщенных солевых растворов. Ключ к такой выносливости кроется в отсутствии жесткой клеточной стенки, которая обеспечивает быстрое изменение объема клеток, а также в наличии высокоэффективной системы осморегуляции, основанной на синтезе и последующем расщеплении глицерина [3].

Когда концентрация соли в окружающей среде резко возрастает, клетки *Dunaliella* запускают активный синтез глицерина, накапливая его в цитоплазме. Этот глицерин действует как так называемый совместимый осмолит, выравнивая осмотическое давление, не подавляя активность клеточных ферментов. Этот адаптационный процесс очень энергоемкий и тесно связан с фотосинтетической активностью организма. Когда соленость снижается, накопленный глицерин можно быстро утилизировать, что подчеркивает гибкость и экономичность всей системы осморегуляции.

Стрессовые условия оказывают значительное влияние на фотосинтетический аппарат. Например, исследования влияния чрезвычайно высоких концентраций CO<sub>2</sub> на *Dunaliella salina* показали, что такой фактор может существенно изменять функциональное состояние фотосистем и перераспределять потоки углерода в клетке. Хотя результатом часто является снижение эффективности фотосинтеза, такие стрессы могут одновременно выступать в качестве мощного стимулятора синтеза различных вторичных метаболитов.

Наиболее известным защитным механизмом *D. salina* является способность интенсивно накапливать β-каротин, которая запускается при совместном действии нескольких неблагоприятных факторов: высокой солености, интенсивном освещении и дефиците азота [2, 3, 5]. Накопленные каротиноиды выполняют защитную функцию, защищая хлорофилл от фотоингибирующего воздействия избыточного света и нейтрализуя опасные активные формы кислорода. Это явление является ярким примером того, как физиологическая стрессовая реакция непосредственно приводит к образованию биотехнологически ценного продукта, коммерчески важного пигмента.

Цианобактерия спирулина (*Arthrospira platensis*) является ключевой моделью для изучения устойчивости к экстремальным условиям и обладает высоким биотехнологическим потенциалом. Являясь главной доминантой щелочных содовых озер с уровнем pH от 9 до 11, оно идеально подходит для изучения механизмов адаптации к высоким значениям pH и связанным с ними факторам окружающей среды [1, 4]. Способность этих цианобактерий успешно размножаться в таких специфических условиях обусловлена комплексом физиологических и метаболических особенностей. К ним относятся

высокоэффективные системы транспорта ионов и поддержание внутреннего гомеостаза. Кроме того, культивирование в щелочной среде дает спиролине серьезное селективное преимущество, поскольку сводит к минимуму конкуренцию с другими микроорганизмами и значительно снижает риск микробного заражения культуры [1].

Одним из важных направлений исследований является рациональное использование питательных веществ для оптимизации продуктивности. Работа по использованию мочевины в качестве источника азота при выращивании *Arthrospira platensis* в режиме проточной культуры продемонстрировала возможность тонкого контроля за его ростом и накоплением биомассы. Доказано, что этот организм способен эффективно усваивать мочевину, а технология проточного культивирования позволяет поддерживать высокие темпы роста и выход целевых продуктов [1, 4]. Эти данные свидетельствуют о значительной метаболической пластичности цианобактерий и открывают пути интенсификации биотехнологических процессов.

Основной интерес к крупномасштабному выращиванию спиролины связан с чрезвычайно ценным биохимическим составом ее биомассы, которая славится высоким содержанием белка, пигмента фикоцианина, витаминов и полиненасыщенных жирных кислот [1, 4]. Именно получение этих целевых соединений часто является конечной целью культивирования, в том числе при создании контролируемых стрессовых условий. Таким образом, изучение реакций спиролины на различные стрессовые факторы, такие как ограничение питательных веществ, имеет решающее практическое значение для разработки научно обоснованных схем, направленных на усиление синтеза специфических, биологически активных веществ.

Несмотря на значительные таксономические различия между зелеными водорослями *Dunaliella* и цианобактерией, они демонстрируют ряд сходных адаптивных стратегий в ответ на экстремальные условия окружающей среды. Это сходство значительно повышает их ценность в качестве сравнительных модельных объектов для фундаментальной экологической физиологии. Среди общих ключевых особенностей - глубокая перестройка клеточного метаболизма, направленная на синтез специфических защитных соединений. Так, *Dunaliella* в ответ на повышенную соленость вырабатывает глицерин в качестве совместимого осмолитика, в то время как спиролина синтезирует свой собственный набор осмолитов и антиоксидантов для поддержания гомеостаза в щелочной среде. Еще одной важной общей чертой является выраженная пластичность фотосинтетического аппарата. Оба организма обладают способностью восстанавливать и структурно реконструировать фотосинтетические мембраны и белковые комплексы под воздействием таких

стрессовых факторов, как осмотическое давление, высокая соленость и интенсивное освещение. Однако такая вынужденная адаптация сопряжена с высокими энергетическими затратами. Поддержание жизнедеятельности в экстремальных условиях требует значительных энергетических затрат, что часто приводит к снижению скорости роста и перенаправлению клеточных ресурсов с процессов роста и деления на синтез защитных и стабилизирующих соединений. Именно эта фундаментальная связь между стрессом и метаболизмом формирует ключевую биотехнологическую перспективу этих организмов. Вызванный стрессом синтез высокоценных веществ, таких как  $\beta$ -каротин и глицерин в *Dunaliella* или фикобилипротеины и полиненасыщенные жирные кислоты у спироулины, превращает чисто научное изучение механизмов резистентности в практическую основу для разработки технологий направленного или контролируемого биосинтеза.

Заключение. Экстремофильные микроорганизмы *Dunaliella salina* и *Arthrospira platensis* служат превосходными модельными системами для выявления фундаментальных механизмов устойчивости фототрофов к абиотическим стрессам. Их основные приспособления – эффективная осморегуляция, защита фотосинтетических систем и зависимость от стресса выработка вторичных метаболитов – являются основным предметом углубленного физиологического и биохимического изучения.

Исследование этих объектов носит междисциплинарный характер, объединяя экологическую физиологию, биохимию и биотехнологию. Понимание механизмов, которые позволяют *Dunaliella* и *Arthrospira* процветать в экстремальных условиях, не только углубляет наши знания о границах жизни и адаптационном потенциале, но и предоставляет конкретные инструменты для управления метаболизмом с целью промышленного производства ценных биологических продуктов.

**Работа выполнена в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ (IV Конкурс студенческих научных обществ – 2025)**

Список использованной литературы:

1. Бирюлина Н.А., Зорин С.Н., Никитюк Д.Б., Мазо В.К. Модифицированный метод получения фикоцианинового концентрата биомассы *Arthrospira platensis* // Вопросы питания. 2023. Т. 92. № 5. С. 110-116.
2. Богатырев В.А., Пузанов Д.А., Дыкман Л.А., Хлебцов Н.Г. Оптический мониторинг развития культур микроводорослей *Dunaliella salina* // Проблемы

оптической физики и биофотоники. SFM-2024. 2024. С. 7-12.

3. Гайсина Л.А. Современные методы выделения и культивирования водорослей / Учебное пособие под ред. Л.А. Гайсина, А.И. Фазлутдинова, Р.Р. Кабиров. М.: Высшая школа. 2008. 152 с.

4. Дробецкая И.В., Минюк Г.С. Использование мочевины при выращивании цианобактерий *Spirulina (Arthrospira) platensis* методом непропорционально протоковой культуры // Экология моря. 2004. Вып. 65. С. 28-34.

5. Курс низших растений / под ред. М. В. Горленко [и др.]. М.: Высшая школа. 1981. 520 С.

**Хайбуллина А.М., студент 4 курса направления подготовки Экология и природопользование**

**Научный руководитель – Спиридонова Е.О., канд. геогр. наук,  
доцент кафедры экологии моря  
ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический  
университет»**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕДУЗ АЗОВСКОГО МОРЯ В РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ МОРСКОГО БИОПРОСПЕКТИНГА**

**Аннотация.** Поиск биологических источников биоактивных молекул, которые могут использоваться в медицине, пищевой промышленности, энергетике приобрел черты отдельного направления исследований – биопроспектинга. В настоящее время это направление продолжает активно развиваться. Целью данного исследования была оценка возможности использования медуз Азовского моря в реализации программ морского биопроспектинга. Медуз можно рассматривать как заменитель пищевой соли из-за природного содержания в ней хлористого натрия, а также как источник макро- и микроэлементов и животного белка – коллагена.

**Ключевые слова:** Азовское море, медузы, биопроспектинг, коллаген.

Медуза – один из самых древних жителей нашей планеты. Появившись более чем 650 миллионов лет назад, они мало изменились. Это желеобразные существа, содержащие более 95 % воды в своем составе. Только мышечные волокна делают медузу полноценным организмом.

Несмотря на чрезвычайно высокую обводненность тела (95-98 %), медузы являются объектами промысла в Юго-Восточной Азии, прежде всего в Китае и Японии. Азовское море также обладает значительными ресурсами нерыбных объектов, которые до сих пор промышленным промыслом не используются.

Полезные вещества, добываемые из подводной среды, зачастую не имеют аналогов среди материковых растений, используемых в медицине и косметологии. Сегодня широко распространены средства по уходу за кожей и косметические инъекции из коллагена медуз. В спортивное питание вещество добавляют для укрепления суставов, а в регенеративной медицине оно используется для изготовления имплантатов, а также для инъекций в суставы для их восстановления.

Специалисты создают промышленную технологию получения безопасного коллагена из морских медуз для косметической и медицинской отраслей. В отличие от овощей они содержат большое количество полезных веществ:

- нерастворимые белки;
- биологические вещества гликозамингликаны (гиалуроновая кислота, хондроитинсульфаты, гепарансульфат и др.);
- липиды;
- железо и селен.

Обилие полезных элементов привлекает исследователей, изучающих возможности использования медуз в пищевой и медицинской промышленности. Не смотря на отсутствие в России традиций употребления медуз в пищу, азово- черноморские медузы обладают большим потенциалом в качестве инновационной пищи с точки зрения низкокалорийности сырья. Медуз можно рассматривать как заменитель пищевой соли из-за природного содержания в ней хлористого натрия, а также как источник макро- и микроэлементов и животного белка – коллагена.

Желетелые представляют собой группу морских беспозвоночных, включающую медуз, гребневиков и сифонофор, характеризующихся студенистой консистенцией тела. В Азовском море наиболее распространены такие виды, как корнерот (*Rhizostoma pulmo*) и аурелия (*Aurelia aurita*), а также инвазивный гребневик мнemiопсис (*Mnemiopsis leidyi*).

Их физиологические особенности, такие как высокая плодовитость, быстрый рост, устойчивость к колебаниям солености и температуры, а также способность к бесполому размножению, значительно способствуют их быстрому распространению и доминированию в условиях меняющейся среды.

Повышение среднегодовой температуры воды в Азовском море, обусловленное глобальным потеплением, создает благоприятные условия для развития теплолюбивых видов желетелых. Одновременно, опреснение или осолонение отдельных участков водоема в результате климатических изменений и регулирования речного стока также влияет на их распространение.

Избыточное поступление биогенных элементов (азота, фосфора) в море вызывает эвтрофикацию, то есть увеличение первичной продуктивности. Это приводит к массовому развитию фитопланктона, что, в свою очередь, способствует росту численности зоопланктона и, как следствие, обеспечивает обильную кормовую базу для желетелых [2].

Коллаген – один из основных белков, содержащихся в организме человека. В косметологии он используется в инъекциях и в качестве добавочного уходового компонента в масках, сыворотках, кремах и гелях, в спортивном питании для укрепления суставов. В регенеративной медицине коллаген может

быть использован в кожной имплантации при ожогах для восстановления кожи, а также для инъекций в суставы, которые восстанавливают их работу.

Полезные вещества, добываемые из подводной среды, зачастую не имеют аналогов среди материковых растений, используемых в медицине и косметологии. Сегодня широко распространены средства по уходу за кожей и косметические инъекции из коллагена медуз. В спортивное питание вещество добавляют для укрепления суставов, а в регенеративной медицине оно используется для изготовления имплантатов, а также для инъекций в суставы для их восстановления.

Специалисты создают промышленную технологию получения безопасного коллагена из морских медуз для косметической и медицинской отраслей.

Ежегодный рекомендованный объем добычи медуз в Азовском море составляет 100 т, в Чёрном море – 300 т. Однако в настоящее время массовый вылов медуз не производится. Научные разработки призваны изменить данный подход.

Кулинария. Тело медуз содержит много полезных веществ [1]. Это и белки, жиры, углеводы, минеральные соли, витамины. Используют в кулинарии медуз многие страны. Мясо медуз называют "хрустальным". Их варят, сушат, перетирают в порошок. В Китае медуз после удаления щупалец выдерживают в маринаде, превращая их в лепешку. Затем тонко нарезают, смешивают с овощами, зеленью, поливают соусом. Сушеные медузы нарезают полосками и используют в салатах, а также варят, жарят с добавлением перца, корицы и мускатного ореха.

Медицина. Традиционно яд медуз используют для лечения трахеита, бронхита, снижения кровяного давления. Еще в средние века из медуз изготавливали слабительные и мочегонные средства. Из них изготавливают препараты против облысения и ожирения. Но лучше всего медузы помогают бороться со стрессом. Плавные неторопливые движения медуз успокаивают людей, хотя содержать медуз в аквариумах очень хлопотно и дорого.

Медуз из Азовского моря планируют использовать в медицине и косметологии, точнее, коллаген, который можно получить при переработке этих морских обитателей. Технологию уже разрабатывают ученые разных научно-исследовательских центров [3]. Пока в мире широко распространен морской рыбный коллаген и коллаген из кожи крупного рогатого скота. При этом при использовании этой биодобавки часто возникают аллергические реакции и отторжение имплантатов. Медузы в качестве сырья для получения коллагена интересны тем, что не имеют в своем теле сложных структур, т.к. состоят только из воды и белков и патогенов, что уменьшает вероятность аллергий.



Кроме того, промышленная добыча медуз для выработки из них коллагена поможет и экосистеме Азовского моря.

***Работа выполнена в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ (IV Конкурс студенческих научных обществ – 2025)***

Список использованной литературы:

1. Белова С.К. Глава 3. Экологические тренды и аспекты формирования интегрированной системы «качество-безопасность-экологичность» продукции и услуг в сфере питания // Современные проблемы науки, общества, образования: актуальные вопросы теории и практики: Монография / Под общей редакцией Г. Ю. Гуляева. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г. Ю.), 2022. С. 28–42.
2. Мирзоян А.В. Сырьевая база промысловых беспозвоночных в Азовском море и динамика ее освоения в 2000–2022 гг. / А.В. Мирзоян, Е.М.Саенко, С.И. Дудкин // Водные биоресурсы и среда обитания. 2023. Т. 6. № 4. С. 51–67.
3. Штенина Д. В. Медузы. За или против / Д. В. Штенина, Л. М. Есина, З. Е. Ушакова, И. А. Белякова // Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития. Материалы I Международной научно-практической конференции (28-29 марта 2023 г., г. Москва), ФГБНУ «ВНИРО» / Под редакцией Колончина К.В., Булатова О.А., Харенко Е.Н., Трубы А.С. М.: Изд-во ВНИРО, 2023. С. 317–321.

**Худякова Г.А., магистрант 2 курса направления подготовки Экология и  
природопользование (профиль «Экология моря»)**

**Научный руководитель – Сытник Н.А., канд. биол. наук, зав. кафедрой  
экологии моря**

**ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический  
университет»**

## **СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО БИОПРОСПЕКТИНГА: БАЛАНС МЕЖДУ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ И СОХРАНЕНИЕМ МОРСКИХ БИОРЕСУРСОВ**

**Аннотация.** Морской биопроспектинг, нацеленный на открытие новых биоактивных соединений, сталкивается с фундаментальным противоречием: его объекты зачастую являются уязвимыми видами, а их добыча угрожает хрупким экосистемам. Данная статья анализирует стратегии устойчивого биопроспектинга, позволяющие совместить научные интересы с сохранением морского биоразнообразия. Рассматриваются неразрушающие методы сбора образцов, аквакультура целевых видов и метагеномные подходы. Делается вывод о том, что переход к устойчивым практикам является залогом долгосрочной экономической и научной эффективности биопроспектинга.

**Ключевые слова:** устойчивый биопроспектинг, неразрушающие методы, аквакультура, метагеномика, сохранение биоразнообразия.

**Введение.** Морские организмы, особенно беспозвоночные, населяющие уникальные экосистемы, такие как коралловые рифы и гидротермальные источники, продуцируют огромное разнообразие биоактивных соединений [1]. Однако традиционный биопроспектинг, основанный на массовом сборе биомассы, вступает в противоречие с принципами сохранения биоразнообразия, особенно когда речь идет о медленно растущих и редких видах. Это создает императив для развития устойчивого биопроспектинга – методологии, которая минимизирует воздействие на природные популяции, обеспечивая при этом доступ к биохимическим ресурсам.

Цель данной статьи – проанализировать современные подходы, позволяющие решить эту задачу.

**Основные результаты и обсуждение.** Классическая парадигма биопроспектинга, предполагающая изъятие значительных объемов биомассы из природных популяций для химического скрининга, демонстрирует свою

несостоятельность с точки зрения долгосрочной перспективы. Уязвимость многих морских экосистем и медленные темпы восстановления их обитателей делают такой подход экологически неприемлемым и экономически рискованным. В связи с этим актуальной задачей становится разработка и внедрение альтернативных стратегий.

Первым и наиболее очевидным шагом к устойчивости является отказ от деструктивного сбора целых организмов в пользу неразрушающих методов. Современные протоколы позволяют получать достаточное количество материала для первичного скрининга, не нанося существенного вреда особям. Для многих групп организмов, таких как губки и мягкие кораллы, достаточно собрать небольшой фрагмент ткани, способный к регенерации. Перспективным является также анализ выделений и слизи, богатых биоактивными соединениями, что представляет собой абсолютно неинвазивный метод. Наиболее современным направлением можно считать анализ экологической ДНК (эДНК), присутствующей в воде или грунте. Этот подход позволяет идентифицировать потенциально ценные виды и даже обнаруживать гены биосинтеза, не вступая в прямой контакт с организмами, что служит мощным инструментом для целевого планирования дальнейших исследований [2].

Для видов, представляющих наибольший интерес, но особо уязвимых в природе, оптимальным решением становится развитие аквакультуры. Переход от полевого сбора к контролируемому производству позволяет снять антропогенную нагрузку с природных популяций и обеспечить стабильное получение биомассы. В частности, аквакультура губок, являющихся одним из самых продуктивных источников биоактивных соединений, успешно развивается в двух основных форматах. Это выращивание *in situ* на подвесных системах в естественной среде обитания и культивирование *ex situ* в контролируемых условиях аквариумных комплексов, что позволяет оптимизировать параметры для максимизации выхода целевых метаболитов. Аналогичные подходы применяются и для других ценных объектов, таких как асцидии – источник противоракового препарата трабектедина, что доказывает практическую осуществимость и эффективность данной стратегии [3].

Наиболее инновационным направлением устойчивого биопроспектинга являются метагеномные и биотехнологические подходы, позволяющие вообще избежать изъятия биомассы. Многие уникальные соединения, ассоциированные с макроорганизмами, на самом деле синтезируются их бактериальными симбионтами. Метагеномный скрининг позволяет извлекать тотальную ДНК из образца ткани хозяина, клонировать ее и искать гены, ответственные за биосинтез целевых веществ. Последующим шагом является гетерологичная экспрессия, при которой идентифицированные генные кластеры встраиваются в

геном легко культивируемых лабораторных штаммов-продуцентов, таких как *Escherichia coli*. Это открывает путь к промышленному производству соединений без необходимости культивирования исходного макроорганизма, представляя собой принципиально новый, неинвазивный уровень биопроспектинга [4].

**Выводы.** Таким образом, устойчивый биопроспектинг представляет собой эволюцию научно-практической дисциплины, отвечающую глобальным вызовам сохранения биоразнообразия. Интеграция неразрушающих методов сбора, развитие аквакультуры целевых видов и внедрение передовых метагеномных технологий формируют новую парадигму взаимодействия с морскими биоресурсами. В этой парадигме морские экосистемы рассматриваются не как источник сырья для разовой добычи, а как возобновляемый биохимический капитал, требующий бережного управления. Этичный и устойчивый подход не только минимизирует экологический ущерб, но и, в долгосрочной перспективе, оказывается экономически и научно более выгодным, обеспечивая стабильность и предсказуемость исследований. Дальнейший прогресс в этой области невозможен без тесной междисциплинарной кооперации и гармонизации международных нормативных актов, стимулирующих ответственное использование генетических ресурсов.

*Работа выполнена в рамках субсидии из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ (IV Конкурс студенческих научных обществ – 2025)*

#### Список использованной литературы:

1. Александрова М.А., Васильев А.М., Карташов М.В. Оценка морских экосистемных услуг на базе основных промысловых биоресурсов как основа устойчивого состояния Большой морской экосистемы и сохранения биоразнообразия // Вода и экология: проблемы и решения. 2018. №2 (74). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-morskih-ekosistemnyh-uslug-na-baze-osnovnyh-promyslovyh-bioresursov-kak-osnova-ustoychivogo-sostoyaniya-bolshoy-morskoj> (дата обращения: 20.09.2025).
2. Васильев А.М., Александрова М.А. Investigation of methods of estimation of biological resources of Marine ecosystems // Астраханский вестник экологического образования. 2017. №4 (42). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/investigation-of-methods-of-estimation-of-biological-resources-of-marine-ecosystems> (дата обращения: 20.09.2025).

3. Thomsen P.F., & Willerslev E. Environmental DNA – An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity // Biological Conservation. 2015. Vol. 183. P. 4-18.
4. Piel J. Metabolites from symbiotic bacteria // Natural Product Reports. 2009. Vol. 26. № 3. P. 338-362.