



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра прикладной океанографии
и комплексного управления прибрежными зонами

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

На тему Развитие марикультуры в контексте решения задач комплексного управления
прибрежными зонами

Исполнитель Прокофьев Пётр Александрович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

Хаймина О.В.
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
И.о. заведующего кафедрой

кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

Хаймина Ольга Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«18» 02 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

Оглавление

Введение.....	3
1. «Синяя» экономика, инициатива «Голубой рост» и аквакультура.....	5
1.1 «Синяя» экономика и инициатива «Голубой рост»	5
1.2 Углеродные единицы.....	10
1.3 Аквакультура и марикультура.....	12
2. Материалы и методы	25
2.1 Исследуемые объекты: Цемеская бухта и Залив Донузлав	25
2.2 Основные природопользователи	30
2.3 Методы исследования	46
3. Марикультура, как инструмент климатических проектов.....	48
3.1 Сравнение исследуемых объектов	48
3.2. Результаты.....	51
3.3 Проблема Сероводородного слоя в Чёрном море.....	68
3.4 Рекомендации	70
Заключение	72
Список литературы	73

Введение

Исторически население нашей планеты при расселении тяготело к берегам рек, озер и прибрежной зоне моря. Это было связано с возможностью использования ресурсов водного объекта, в том числе его транспортирующей способности. И сегодня такая тенденция сохраняется.

Использование в хозяйственной деятельности прибрежной зоны моря и приморских территориях обуславливает рост антропогенной нагрузки на них. Это приводит к ухудшению качества воды и повышению рисков деградации морских экосистем и экосистем приморских территорий, возникновению конфликтов интересов хозяйствующих субъектов, снижению рекреационного потенциала приморских территорий и др.

В то же время увеличивается роль морской аквакультуры (марикультуры) в формировании соответствующей инфраструктуры прибрежной зоны и приморских территорий, как одного из быстрорастущих видов хозяйственной деятельности. Как и любой другой вид хозяйственной деятельности марикультура оказывает воздействие на окружающую среду, и это воздействие может быть позитивным и негативным.

Целью данного исследования - оценить возможность использования марикультурных хозяйств при решении задач комплексного управления прибрежными зонами в контексте улучшения экологической ситуации.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- 1) на основании опубликованных данных проанализировать современные тенденции в управлении прибрежной зоной («Синяя» экономика, Голубой рост);
- 2) опираясь на опубликованные данные, обосновать выбор объектов сравнения и дать их характеристику (Цемесская бухта и залив Донузлав);

3) выполнив SWOT-анализ и оценку качества вод, показать перспективы использования марикультурных хозяйств определённого типа для решения экологических проблем в прибрежной зоне;

4) дать рекомендации по возможности развития марикультуры в прибрежной зоне как климатического проекта на примере Чёрного моря.

1. «Синяя» экономика, инициатива «Голубой рост» и аквакультура

1.1 «Синяя» экономика и инициатива «Голубой рост»

Концепция «синей экономики» набирает все большую популярность в работе международных организаций и при разработке национальных стратегий развития. Ее особенностью является упор на системное и устойчивое развитие экономических отраслей, которые связаны с использованием ресурсов Мирового океана. Однако разнообразие терминологии и секторов, связанных с "синей экономикой", затрудняет проведение международных сравнений. Развитие этой концепции связано с признанием важной роли океана и морей в мировой экономике. По оценке Всемирного фонда дикой природы, стоимость океанов составляет 24 триллиона долларов США. По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН океаны и моря обеспечивают пропитанием 10-12 % населения Земли. Ссылаясь на оценки Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), можно сказать, что океаны поглощают 30 % углекислого газа, который вырабатывается человеком. Увеличение экологических и экономических нагрузок приводит к быстрому ухудшению состояния экосистем Мирового океана и истощению его ресурсов. Данный аспект сильно отражается на благосостоянии и здоровье людей, проживающих в странах, зависящих от океана и морей [1-3].

Стремительное развитие «синей экономики», как правило, сталкивается с рядом проблем:

- климатические: закисление, повышение уровня, потепление Мирового океана,
- рост количества стихийных бедствий в прибрежных районах;
- загрязнение Мирового океана: аварии, сброс неочищенных сточных вод с суши, а также отходов с судов в моря, эвтрофикация;

- чрезмерная эксплуатация морских ресурсов: уничтожение среды обитания рыб, морских животных, разрушение ценных экосистем в результате урбанизации, освоения побережий, развития массового прибрежного туризма [1-2].

Несмотря на увеличивающиеся проблемы, океан предоставляет огромные возможности и ресурсы для исследования. Возобновляемая океаническая энергетика - это огромный потенциал, включая энергию волн, энергию приливов, шельфовую ветровую энергию, морскую солнечную энергию, и морскую биоэнергию. Океаническое дно содержит полезные ископаемые, необходимые для "зеленого перехода" человечества. Морские биотехнологии способны создавать новые лекарства, косметику и добавки для кормления животных, что помогает уменьшить выбросы метана в атмосферу. Также формируются национальные стратегии для устойчивого управления "синей экономикой" при помощи методов, таких как интегрированное управление прибрежными зонами, морское пространственное планирование и создание охраняемых морских территорий. Даже развивающиеся страны включают развитие "синей экономики" в свои национальные экономические программы [1-2].

Современные вызовы развития «синей экономики» требуют разработки международных подходов к их регулированию. Это приводит к формированию новых механизмов международного сотрудничества, включая создание международной правовой базы для освоения океанских ресурсов, разработку новых финансовых инструментов для финансирования проектов "синей экономики" и установление индикаторов для оценки прогресса в повышении социальной и экологической устойчивости отраслей "синей экономики"[1-2].

Концепция «синей экономики» направлена на системное и устойчивое развитие отраслей экономики, которые связаны с использованием ресурсов мирового океана и морей. Данная концепция отражает намерение мирового сообщества найти равновесие между продолжением экономического роста и

развития, сохранением экологической безопасности и обеспечением социального благополучия для населения планеты.

Широкий спектр услуг и полезных свойств морских и прибрежных экосистем тесно связан и взаимозависим. Среди них:

- среда обитания для ценных морских организмов;
- ресурсы для аквакультуры;
- укрепление береговых линий и защита от погодных явлений;
- возможности для туризма и отдыха;
- ресурсы для глобальных цепочек поставок и местных производств.

Нерациональное использование какой-либо из этих "услуг" неизбежно приведет к потере других ценных ресурсов. Понимание и отслеживание взаимосвязей между экосистемами, экономической деятельностью, воздействием человека и процессами изменения климата критически важно для обеспечения устойчивого использования береговых и морских ресурсов. Концепция "синей экономики" предлагает переход от традиционного отраслевого подхода к управлению к экосистемному, включая такие инструменты политики, как интегрированное управление береговыми зонами, морское пространственное планирование и создание защищенных морских территорий [1-2].

Развитие «синей экономики» сталкивается с определенными проблемами. Всемирный банк выделяет три проблемы, которые ограничивают ее развитие:

- настоящие экономические тенденции, приводящие к быстрому ухудшению ресурсов океана;
- отсутствие инвестиций в человеческий капитал для стимулирования занятости и развития в инновационных секторах «синей экономики»;
- недостаточное внимание к морским ресурсам и экосистемным услугам океанов.

Чтобы решить вышеперечисленные проблемы, производится оценка различных параметров, в том числе стоимость мировых океанических ресурсов,

социо-эколого-экономические риски и потенциальные выгоды, связанные с морями и океанами. В экономике прибрежных стран важной становится оценка благосостояния на основе использования природного капитала морей и океанов. Это является необходимостью для принятия обоснованных политических решений. «Синие подходы» к решению проблем, связанных с «синей экономикой», основаны на девяти принципах «зеленой экономики»: устойчивом развитии, равенстве, процветании и благополучии, улучшении природного мира, принятии решений, подотчетности, устойчивости, устойчивом потреблении и производстве, инвестициях в будущее. Эти подходы также включают управление морской деятельностью, обеспечивающее экономический рост и социальное развитие, учитывая экологическую устойчивость морей, океанов и побережий. Создание и развитие инновационных технологий напрямую зависит от развития инновационных идей, которые, в свою очередь, согласно принципам "синей экономики", черпают вдохновение из природы. Обращение к природе как источнику новых и полезных идей, также известное как «биоинспирация» или «биомимикрия», является популярной тенденцией в современной науке и технологии [4].

Одним из важных аспектов «синей экономики» является переход от «добычи» морских биоресурсов к их выращиванию, т.е активному развитию аквакультуры, в том числе марикультуры [5]. Однако, такой переход имеет не только плюсы (дополнительные рабочие места, обеспечение продуктами питания, снижение нагрузки на популяции промысловых гидробионты и т.д.), но и определённые риски (увеличение биогенной нагрузки, деградация экосистем, отсутствие достаточного количества отечественного посадочного материала, вакцин и т.д.). Следует отметить, что в данном случае речь идёт о товарной аквакультуре. Тем не менее данная отрасль является самой быстрорастущей отраслью производства продовольствия [6] и может рассматриваться как один из видов хозяйственной деятельности, учитываемых при комплексном управлении прибрежными зонами.

Акватории, выделяемые для размещения аквакультурных хозяйств, могут являться элементами морского пространственного планирования (МПП) в соответствии с принципом экосистемности МПП, т.е. обеспечивая достижение экологических, экономических и социальных целей развития с учетом возможностей и емкости данной экосистемы и поддержки соответствующего уровня производимых ею экологических услуг.

Изменение климата, превышение нормы вылова рыбных ресурсов, ведение аквакультуры в прибрежных зонах и внутренних водах при ненадлежащем уровне планирования и управления наряду с другими деструктивными видами деятельности человека наносят непоправимый ущерб экологическим системам и биоразнообразию.

Инициатива ФАО "Голубой рост" (ИГР) обеспечивает всеобъемлющий подход к вопросам устойчивого регулирования и эффективного использования природных ресурсов для обеспечения продовольственной безопасности, и экономического роста, в том числе адаптируемости фермерских хозяйств к последствиям изменения климата и их сопротивляемости стихийным бедствиям и социально-экономическим рискам [7].

ИГР представляет собой сбалансированную систему устойчивого управления живыми водными ресурсами в социально-экономическом аспекте и закрепляет принципы, изложенные ещё в 1995 году в базовом Кодексе ведения ответственного рыболовства (КВОР) [6]. Основное внимание в данной инициативе уделено следующим направлениям: рыболовству, аквакультуре, переработке рыбы, подчеркнута роль экосистемы, торговли, социальной защите. Особое внимание в рамках ИГР уделяется концепции интеграции рыбного хозяйства и аквакультуры с другими потребителями и услугами водных экосистем, подчеркивается важность рыболовства и аквакультуры для таких пользователей. Цель ИГР заключается в достижении более совершенного и эффективного управления ресурсами, что приведет к улучшению воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и социальную эффективность в процессе производства рыбной продукции. Также будет

уделяться особое внимание вопросам ответственной интеграции деятельности в области развития водных ресурсов и управления ими. Основная задача Инициативы в экологическом аспекте заключается в разработке стратегий, направленных на уменьшение негативного воздействия аквакультуры на окружающую среду. Важными мерами являются восстановление мангровых лесов, сокращение выбросов двуокиси углерода и применение возобновляемых источников энергии с целью более устойчивой и интенсивной развития аквакультуры. Кроме того, Инициатива должна способствовать созданию достойных рабочих мест в аквакультуре, что позволит повысить социальную эффективность этой отрасли [7].

Тенденцией последнего времени является внедрение рыночного принципа оборота «углеродных единиц», в рамках которого любой вид хозяйственной деятельности оценивается в углеродных единицах, в том числе и аквакультура.

1.2 Углеродные единицы

Углеродная единица - это верифицированный результат реализации климатического проекта, выраженный в массе парниковых газов, эквивалентной 1 тонне углекислого газа. Переход к регулированию выбросов в окружающую среду на основе углеродных единиц - один из возможных механизмов их снижения. В ноябре 2023 года Министерство экономического развития РФ опубликовало Углеродное регулирование в Российской Федерации[8]. Реестр представляет собой часть инфраструктуры, которая позволяет сделать сокращения или увеличение поглощения парниковых газов из климатических проектов товаром - углеродными единицами. После прохождения всех необходимых процедур для выпуска, подтвержденные верификаторами сокращения или увеличение поглощения парниковых газов становятся доступными для обращения. Это означает, что они могут быть

проданы или использованы для уменьшения собственного углеродного следа. Подтверждение проведения этих операций также происходит через реестр.

По данным Реестра Углеродных единиц [9] в настоящее время в России уже 93951 углеродная единица находится в обращении. Ещё 65544981 углеродная единица подлежит выпуску.

Это стимулирует продвижение климатических проектов. Климатические проекты могут быть осуществлены как юридическими, так и физическими лицами. Проекты подразделяются на технологические и природные. Они могут привести как к уменьшению выбросов парниковых газов в атмосферу по сравнению с обычной деятельностью, так и к их поглощению из атмосферы. В дальнейшем организация получает независимое подтверждение того, что проект соответствует определенным требованиям - этот процесс называется валидация. После подтверждения результатов климатического проекта в реестр учета углеродных единиц юридическому или физическому лицу начисляются углеродные единицы. В настоящее время уже зарегистрировано 18 климатических проектов [9].

Климатические проекты нацелены на уменьшение выбросов парниковых газов или увеличение поглощения их из атмосферы. Сегодня в мире существует 14 видов таких проектов, различающихся по виду деятельности, стране происхождения и годовым объемам сокращения выбросов. Наиболее распространенные виды проектов включают в себя использование новых технологий в сельском хозяйстве и землепользовании, посадку лесов, развитие возобновляемых источников энергии. Чаще всего покупателями таких проектов выступают большие компании, различные фонды, организаторы крупных мероприятий и форумов, некоммерческие организации, а также криптобиржи, чье участие в углеродном рынке постоянно растет.

В качестве климатического проекта может быть рассмотрено создание аквакультурных хозяйств марикультуры в прибрежной зоне. Создание таких хозяйств не должно приводить к увеличению парниковых газов и способствовать созданию первичной продукции (фитоплантации) или товарной

продукции без внесения дополнительных питательных веществ/корма (плантации моллюсков). Это, в свою очередь, может благоприятно сказываться на качестве вод и состоянии локальных экосистем (см. рисунок 1).

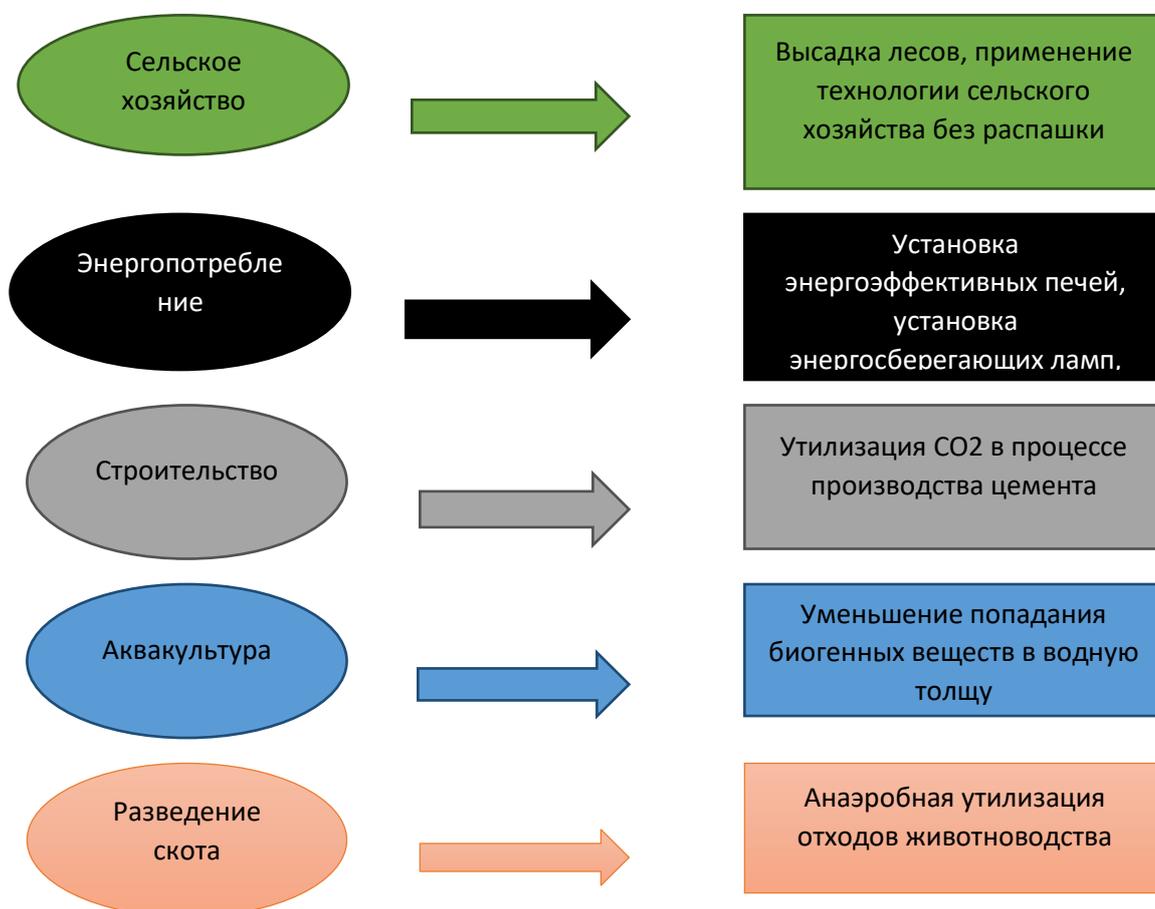


Рисунок 1. Сферы и методы уменьшения нагрузки

1.3 Аквакультура и марикультура

В настоящее время рыбопромышленный сектор вносит значительный вклад в мировую экономику. Увеличение численности населения Земли и рост потребления представляют вызов для международного сообщества и России, включая ее статус как одной из ведущих рыболовных держав. Задача состоит в

обеспечении глобальной продовольственной безопасности и сохранении биоразнообразия Мирового океана.

Морская аквакультура, она же марикультура, представляет собой отрасль аквакультуры, занимающаяся разведением и выращиванием морских организмов, таких как водоросли, моллюски, ракообразные, рыбы и иглокожие, в морях, лиманах, эстуариях или при искусственных условиях.

Марикультура - это высокодинамичное направление развития мировой экономики. Рост населения и стабилизация добычи морепродуктов способствуют развитию этой отрасли. Кроме того, морские организмы, используемые в пищевых продуктах, отличаются высоким качеством. В отличие от продуктов питания животного происхождения, большинство морепродуктов не несут риска для потребителя. Они содержат полноценные белки, богатые микроэлементами и необходимыми жирными кислотами, не содержат холестерина и легко усваиваются. Это приводит к увеличению спроса на морепродукты со стороны потребителей и, следовательно, наращиванию объёмов производства. Благодаря своей разнообразности, многообразию подходов и изобилию видов, подлежащих выращиванию, морская аквакультура представляет собой одно из самых сложных и многоаспектных теоретических и практических направлений, основанных на многолетнем опыте, передовых инженерных решениях и научных достижениях. Развитие марикультуры требует значительных капиталовложений в строительство рыбоводных предприятий, экспериментально-производственных баз, оборудование садковых комплексов и другие области. Вместе с этим необходимо найти баланс взаимодействия человека с окружающей природой и сохранить существующие экосистемы, что требует решения широкого спектра правовых, биологических, экологических, технических и социально-экономических вопросов [10].

Путем различных форм воздействия на океан и его обитателей с целью увеличения естественной рыбопродуктивности и создания морских плантаций

и ферм для разведения гидробионтов, следует значительно увеличить объемы производства водорослей, беспозвоночных и рыб.

В настоящее время разработаны различные методы целенаправленного воздействия человека на различных обитателей морских просторов и океанов и на их экосистему с целью увеличения урожая, полученного из морей и океанов. Таким образом, возникло новое направление в области рыбного хозяйства, которое является гораздо более разнообразным, чем рыбоводство в пресноводных водоемах, - морская аквакультура. В береговых аквакультурных хозяйствах успешно разводят множество видов рыб, таких как камбала, желтохвост, морской судак и другие. Выращивание устриц, мидий и других моллюсков на подводных фермах, приносит стабильные высокие урожаи, достигающие десятков тонн продукции с гектара, а также стабильные и обильные урожаи водорослей - таких как порфира, морская капуста и другие, с подводных огородов. Уникальные биологические особенности рыб, таких как тихоокеанские лососи, осетровые и некоторые другие виды, которые возвращаются в родные реки для нереста после интенсивного питания в море, делают их отличными для активного разведения. Молодь этих рыб, выведенную на рыбоводных заводах, кормят и выпускают в море, что обеспечивает более высокий уровень промыслового вылова, чем при естественном нересте. Успешное пастбищное выращивание может также обеспечить рыбную промышленность рыбами, обитающими в прибрежных водах, - морскими окунями, камбаловыми, кефальями, сельдью (балтийские, тихоокеанские, беломорские и др.), терпугами, бычками, бленнеидами, зоардидами и др. В солоноватоводных водоемах можно выращивать генеративно-пресноводных, полупроходных и проходных рыб, обеспечивающих в этих условиях повышенный прирост массы [10].

Перспективными представляются аквакультурные хозяйства с интенсивной циркуляцией воды в морских районах, где регулируют температуру и соленость, позволяя добиться высоких урожаев на небольшой площади. В рамках береговой зоны, в основном на песчаных грунтах и илистых

отложениях, создают искусственные подводные рифы, которые служат убежищем для рыб, беспозвоночных и водорослей, способствуя увеличению продуктивности прибрежных районов. Создают специальные условия для нереста морских рыб (сельдь, сайра, тунец и другие) и беспозвоночных, так как ограничены естественные места их размножения.

Целенаправленные изменения океанологических условий в прибрежных и морских районах оказывают важное влияние на увеличение биопродуктивности. В настоящее время реализуются различные проекты по изменению циркуляционных процессов в морских проливах, заливах и других водных районах с целью уменьшить застой, активизировать вертикальное перемешивание воды и тем самым улучшить их экологические характеристики для развития биологических организмов. [10].

Таким образом, понятие морской аквакультуры (марикультуры) охватывает разнообразные способы активного воздействия человека на биопроцессы, происходящие в морских и соленатоводных бассейнах с целью увеличения их биопродуктивности. Морская аквакультура стала значительной отраслью рыбной промышленности, ежегодный мировой выпуск которой составляет около 6 млн. тонн. Основными объектами марикультуры являются моллюски (3,2 млн. тонн) и водоросли (2,2 млн. тонн). В морских и соленатоводных водоемах выращивают около 0,5 млн. тонн рыбы, в основном желтохвоста (0,16 млн. тонн). Выращивание ракообразных (креветок) составляет только 70 тыс. тонн. Среди водорослей основными объектами культивирования являются бурые (1,7 млн. тонн) и красные (0,5 млн. тонн).

Способы выращивания товарной продукции в морской аквакультуре аналогичны методам, применяемым в сельском хозяйстве. Однако особенности водной среды и ее обитателей требуют более интенсивных методов, чем при выращивании зерновых, овощных и кормовых культур, а также при разведении животных. Это объясняется тем, что водные организмы, обычно более эффективно используют корм, чем наземные животные, так как их рост происходит в трехмерном пространстве. Дополнительно, обмен веществ и рост

водных животных в большей степени зависят от температуры и других факторов среды и поддаются контролю путем изменения этих параметров. Все это позволяет добиться высокой экономической эффективности при организованном и научно обоснованном разведении водных организмов в морских водах [10].

Марикультура отличается от рыбной ловли тем, что позволяет создавать и управлять различными морскими фермами для разведения рыбы и морских водорослей. Развитие этой области основывается на законах и теориях общей биологии, включая изучение морфологии беспозвоночных и позвоночных, гистологии, физиологии, экологии, ихтиологии, гидробиологии, генетики и селекции. Важной составляющей научного обоснования процессов, характерных для морской аквакультуры, является применение теории и опыта в пресноводном рыбоводстве и рыбной ловле в естественных водоемах, поскольку морская аквакультура включает, в первую очередь, разведение рыбы в морской среде. Интенсивное использование знаний в области теории эволюции видов, акклиматизации животных и растений, селекции и гибридизации, океанологии, а также в области гидротехники, связанных с проектированием и эксплуатацией разнообразных сооружений (волноломов, устойчивых к штормам сетей, подводных рифов, рыбоводных и выращивающих сооружений и других), еще больше расширяет область требований, связанных с научным обоснованием морской аквакультуры. В условиях возрастающего негативного воздействия человека на водоемы и их обитателей особенно важно выявление и учет такого рода воздействия на гидробионтов. Актуальный уровень знаний биологии совместно с достижениями в области техники, подкреплёнными накопленным практическим опытом, позволяет рассматривать марикультуру, как науку о выявлении, формировании и реализации потенциальных биологических и экологических свойств полезных гидробионтов для получения необходимых для человека морепродуктов. Марикультура представляет собой систему мероприятий, направленных на регулирование естественных процессов

воспроизводства водных организмов и управление этими процессами. В нее входят переселение и акклиматизация рыб и нерыбных объектов в места, где существуют благоприятные условия для их развития, организация подводных морских ферм для выращивания промысловых объектов и сбора их урожая [10].

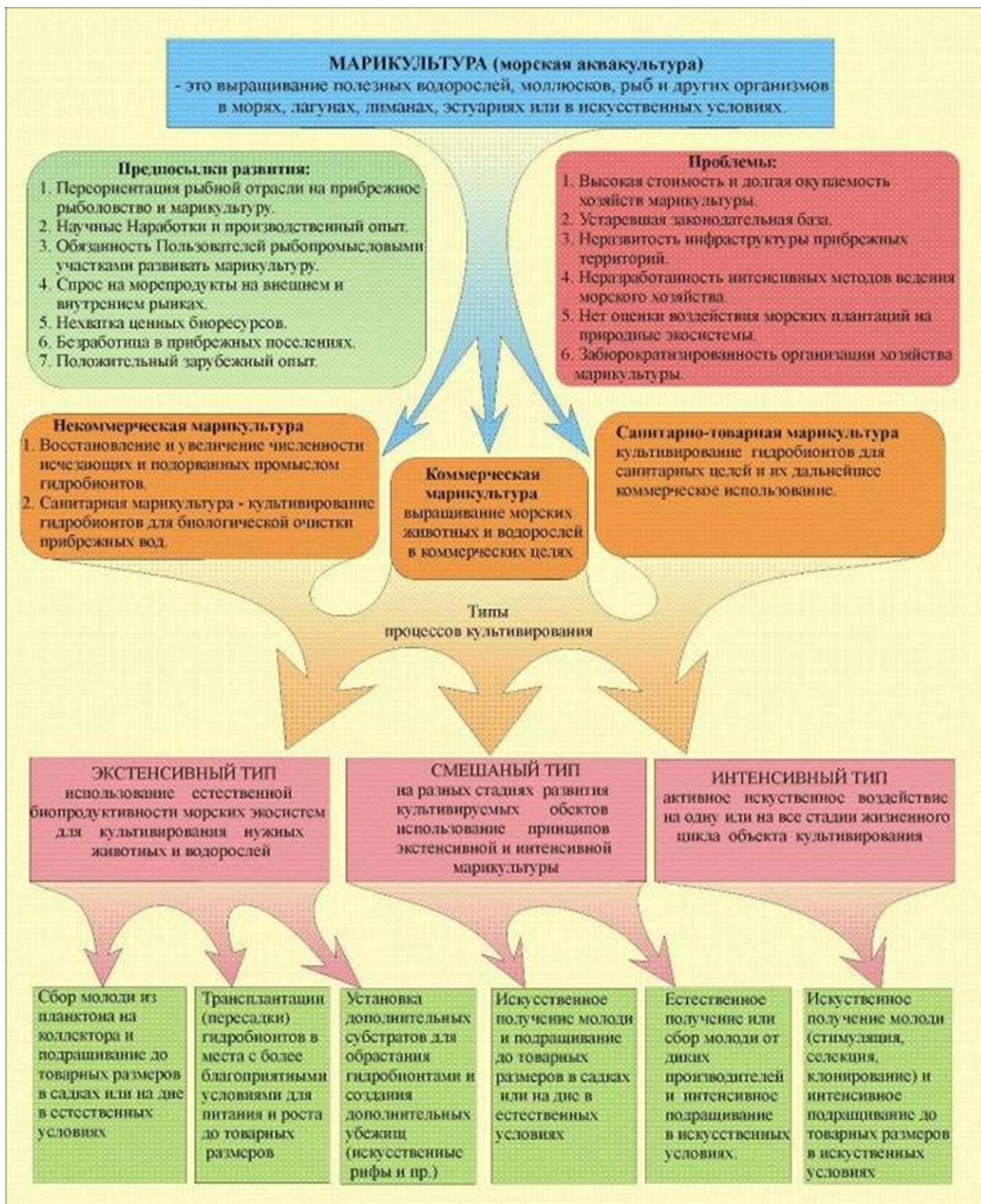


Рисунок 2. Классификация марикультуры [11]

Одним из основных фокусов разработки и внедрения современных технологий в различные отрасли промышленности и сельского хозяйства является обеспечение экологической безопасности. Это применимо и к аквакультуре. Независимо от условий выращивания, методов и уровня интенсивности производства, основными главными принципами при разработке и создании аквакультурных предприятий являются эффективное использование водных ресурсов и защита окружающей среды от негативного воздействия.

В связи с этим у многих специалистов существует убеждение, что наиболее многообещающими, с точки зрения снижения воздействий аквакультурного производства на окружающую среду, являются инновационные технологии, основанные на замкнутом водоиспользовании. Особенно это актуально в Западной Европе, где ограничивающим фактором развития производства выступает дефицит необходимого пространства, как внутренних пресноводных водоемов, так и прибрежных морских акваторий.

В этих условиях рециркуляция воды и технологии её очистки рассматриваются как важный способ решения проблемы воздействия аквакультуры на окружающую среду. Они обеспечивают оптимальный контроль экологических параметров, необходимых для обитания рыб и других водных организмов. В Западной Европе одной из ключевых проблем аквакультуры является увеличение производственного потенциала, не превышая ассимилятивную способность экосистем. С учетом современного понимания взаимосвязи между аквакультурой и состоянием окружающей среды, которое обеспечивает устойчивое развитие, приоритет отдается системам интегрированной мультитрофической аквакультуры. Разнообразные виды рыб, моллюсков, ракообразных и водорослей могут быть частью этих систем, используемых в сухопутных и морских аквакультурных комплексах.

Интегрированная мульти-трофическая аквакультура (ИМТА) - это подход, который «закрывает» систему, минимизируя выбросы в окружающую среду, а именно, побочные продукты (отходы) от одних видов перерабатываются, чтобы

стать исходными материалами (удобрения, продукты питания) для другого. Аквакультура разведения, направленная в первую очередь на увеличение массы гидробионтов (например, рыбы, креветок) комбинируется с использованием органических и неорганических экстрактов (например, моллюсков) для создания устойчивых экологических систем (предотвращение биологических угроз), экономической стабильности (разнообразие производства и уменьшение рисков) и социальной приемлемости (применение лучших управленческих методов).

«Мультитрофический» подход предполагает включение организмов различных трофических уровней в одну и ту же систему. Это одно из ключевых отличий от традиционной практики водной поликультуры, при которой просто происходит совместное выращивание различных видов рыб с одного и того же трофического уровня. В данном случае все организмы могут взаимодействовать в рамках общих биологических и химических процессов, что позволяет им получать синергетические преимущества, способствующие заметным изменениям в экосистеме. Некоторые обычные поликультурные системы могут включать несколько видов, занимающих различные ниши, а также специализированные культуры, которые сосуществуют в рамках одной и той же экосистемы. Система ИМТА может способствовать общему улучшению здоровья экосистемы, даже при условии, что производство отдельных видов на краткосрочной основе меньше, чем в случае монокультуры. Иногда термин "интегрированная аквакультура" используется вместо "ИМТА", а различие между ними заключается лишь в степени описательности. Интегрированные системы рыболовства и аквакультуры представляют другие концепции ИМТА [12].

Использование циркуляционных установок в сочетании с аэрируемыми системами микробной переработки отходов и сочетанием интенсивных и полунтенсивных методов выращивания гидробионтов в прудовой и садковой аквакультуре позволяет эффективно применять этот подход. Это открывает новые перспективы для формирования экосистемного подхода к

производственным процессам. Очевидно, что в будущем ответственное использование ресурсов и охрана окружающей среды останутся ключевыми проблемами в развитии аквакультуры. Внедрение новых систем замкнутого водоиспользования (УЗВ) позволит решить проблему ограниченного использования внутренних и береговых вод для аквакультуры в условиях усиливающейся конкуренции с другими пользователями ресурсов и в связи с законодательными ограничениями [13].

В связи с вышеперечисленным, те чужеродные для естественной среды вещества и агенты, которые внесены в окружающую среду в результате человеческой деятельности, являются формами загрязнения. В зависимости от конкретных компонентов среды, которые становятся в данное время чужеродными и привнесенными человеком, загрязнение может быть химическим, минералогическим, физическим (включая радиоактивный), биологическим, тепловым, шумовым и прочим.

Существует два основных способа устранения нарушений: путем установки технологических барьеров, которые предотвращают дальнейшее проникновение загрязнителей в природную среду, либо путем устранения загрязнителя, который уже попал в окружающую среду, с помощью естественных процессов самоочищения экосистемы или проведением организационных и технических мероприятий для удаления чужеродных веществ из природных систем.

Система организационно-технических мероприятий в области биотехнологий и инженерно-гидротехнических работ, направленных на восстановление санитарного состояния морских акваторий, загрязненных человеческой деятельностью на берегах и в акватории, называется санитарной марикультурой, когда эти мероприятия основаны на использовании основных трофологических характеристик водных экосистем и их составляющих. [14].

В процессе выполнения мероприятий и инженерных сооружений санитарной марикультуры используются естественные свойства морских организмов для утилизации и использования органических соединений,

присутствующих в экосистеме. Для морских экосистем морская вода играет роль среды и источника энергии и веществ. Путем обработки водных масс моря организмами происходит переработка самой среды и достигается улучшение качества водной экосистемы.

Многие морские организмы способны избирательно усваивать определенные химические соединения или элементы, что является важным механизмом очистки водной среды. Например, некоторые асцидии способны концентрировать кобальт в своем организме, что можно использовать для очистки акваторий, загрязненных радиоактивным кобальтом. [14].

Мидии обладают уникальной способностью фильтровать огромные объемы морской воды через свои жабры и осаждают минерально-органические агрегаты, что может быть использовано для очистки морской воды от загрязнений. Специальные разработки для этого были активно внедрены на Черном море. Например, за сутки моллюски могут профильтровать от 50 до 90 кубометров воды на 1 квадратном метре, причем количество патогенных бактерий в воде уменьшается в 2 раза после процесса фильтрации [14].

Морская биологическая очистка происходит за счет осаждения живых организмов и фильтрации воды, минерализации органического материала животными, аэрации воды благодаря водорослям и растениям, а также обогащения воды биологически активными метаболитами. Этот процесс также включает инкорпорацию загрязняющих веществ и биологическую очистку химических соединений.

В сфере санитарной марикультуры после процедур очистки, многие животные и растения могут быть использованы в пищевой промышленности или переработаны для производства технических материалов [15].

Развитие санитарной марикультуры является важным и перспективным направлением, особенно для районов с крупными промышленными и бытовыми стоками возле приморских городов. Однако существует риск образования застойных зон и возникновения вторичного загрязнения, поскольку животные и растения могут концентрировать вредные вещества в

себе. Поэтому для каждого проекта санитарной марикультуры необходимо провести комплекс исследований по составу загрязнений, гидрологическим условиям акватории, а также возможностям утилизации и очистки произведенной продукции.

Комплексная марикультура, включающая искусственное разведение различных растений и животных, способна усваивать растворенные органические вещества и минеральные соли, которые не характерны для данной экосистемы. Именно этот тип загрязнений обычно появляется в морских бассейнах, на берегах которых расположены жилые районы и сельскохозяйственные угодья [15].

Основной целью санитарной марикультуры является контроль уровня растворенных и взвешенных органических веществ в морской воде, удаление из водной среды и морских отложений загрязняющих элементов и вредных веществ, таких как нефтяные компоненты, ПАВ, пестициды, гербициды и другие, а также снижение бактериальной загрязненности в воде и на донных биологических объектах [15].

Исходя из философско-методологических принципов санитарной марикультуры, мы признаем важность сохранения и баланса энергии и вещества в природных экосистемах. Еще в середине XX века Вернадский сформулировал один из основополагающих принципов в экологии: биологическая масса, созданная на Земле в любую данную геологическую эпоху, примерно постоянна. Мы не будем утверждать о правильности данного закона, но если он верен, то замкнутые экологические системы Земли всегда будут иметь приблизительный баланс органического вещества в любой момент ее истории. Это кажется правдоподобным, особенно если учесть принципы системно-структурного анализа и определение системы.

Знание о характеристиках целостных (системных) аспектов теоретически возможных замкнутых систем позволяет выделить общетеоретические критерии для идеальной морской системы [15].

Методической основой разработки санитарной марикультуры предлагается использовать природную способность морских донных экологических систем, которые сложены комплексами животных и растений, к созданию и разложению органической материи, что позволит изменять характеристики водных масс [14].

В каждой экологической системе происходит естественное сбалансирование производства, осуществляемого первичными продуцентами с помощью фотосинтеза, и потребления этой продукции консументами на всех уровнях. В результате в системе устанавливается естественное равновесие питательных веществ и пищевых отношений, который называется трофическим балансом [14].

Вся произведенная в экологической системе продукция перерабатывается внутри системы, и все существующие в экосистеме биологические объекты связаны общим пищевым ресурсом. В экологических системах нет ненужной продукции, лишних производителей или потребителей, которые не участвуют в пищевом цикле экосистемы. Это означает, что сбалансированная экосистема не способна не только производить излишнюю продукцию, которую компоненты системы не смогут утилизировать, но и принимать извне чужеродные органические вещества без перестройки [14].

С учетом местоположения экосистемы и ее функциональных границ, вся органическая материя, проходящая через пространство, где расположена экосистема, делится на автохтонную (произведенную внутри экосистемы) и аллохтонную (принесенную извне). Часть биологического вещества, которое не используется внутри системы, создает избыточную биомассу и приводит к перегруженности экосистемы органическим веществом (гиперэвтрофикации). Обычно гиперэвтрофикация экосистемы приводит к массовому размножению вредной бактериальной флоры и нарушению санитарного состояния водоемов [14].

Это обычно влечёт увеличение потребления кислорода и соответственному развитию кислородного дефицита в морской акватории.

Именно удаление лишней, принесённой извне, органики, попадающей в морскую акваторию из прибрежной инфраструктуры, является основной целью организации санитарной марикультуры [14].

Кроме этого санитарная марикультура может быть использована как индикатор состояния экосистемы. По концентрации загрязняющих веществ в гидробионтах можно сделать вывод о состоянии акватории и на основе анализа разработать меры по снижению концентрации тех или иных загрязняющих веществ. Примером может служить проект АО «Транснефть» в Г. Новороссийск, Цемесская бухта.

2. Материалы и методы

2.1 Исследуемые объекты: Цемесская бухта и залив Донузлав

Территории Российского участка Черноморского побережья Кавказа и Крыма находятся в крайней северной части субтропического климатического пояса. Районы Анапа—Туапсе, Алушта-Керчь и город-герой Севастополь Российского Черноморского побережья представляют собой сухие субтропические регионы, которые аналогичны по климату южному побережью республики Дагестан. Районы Туапсе-Сочи (Адлер) и Ялта-Алушта являются единственными в России и самыми северными в мире областями влажных субтропиков [16].



Рисунок 3. Черноморское побережье России

В восточной части Черного моря граница между климатическими поясами проходит вдоль Главного Кавказского хребта, таким образом Большой Кавказ становится естественным барьером, который разделяет две разные воздушные массы. К северу от хребта расположен умеренный пояс, к югу — субтропический. Горная система Большого Кавказа усиливает различие между этими поясами, затрудняя перемещение холодных воздушных масс с севера на юг, в Закавказье, и теплых с юга на север, в Предкавказье. Горный барьер, представленный Большим Кавказом, особенно заметен зимой, когда Предкавказье подвергается воздействию холодных воздушных масс из севера и северо-востока, в то время как Закавказье обеспечено защитой от их проникновения [16].

Из-за своего положения в средней части континента климат Черного моря в основной своей части является континентальным. Горы оказывают защитное воздействие на Черноморское побережье Кавказа и южный берег Крыма от холодных северных ветров, что способствует возникновению там мягкого средиземноморского субтропического климата [16].

Атлантический океан оказывает значительное влияние на погодные условия над Черным морем, именно здесь формируется большая часть циклонов, которые приносят неблагоприятную погоду и бури. На северо-восточном побережье моря, особенно в районе Новороссийска, невысокие горы не препятствуют проникновению холодных северных воздушных масс, что вызывает появление сильного холодного ветра (буры), местные жители называют его Норд-ост. С юго-западными ветрами обычно в черноморский регион поступают теплые и достаточно влажные средиземноморские воздушные массы. Таким образом, на большей части территории моря преобладает теплая влажная зима и жаркое сухое лето [16].

Средняя температура воздуха в январе в северной части Чёрного моря составляет +2 °С, но может опускаться до +5 °С. В прибрежных районах, граничащих с Южным берегом Крыма и берегом Кавказа, зима значительно более мягкая, обычно температура редко опускается ниже +5 °С. Иногда снег

все же выпадает в северных районах моря. Средняя температура в июле на севере моря составляет +25 — +27 °С. Благодаря охлаждающему воздействию водной поверхности, максимальные температуры обычно не настолько высоки и обычно не достигают 37 °С. Самая теплая область на берегу Черного моря — это побережье Кавказа [16].

В Черноморском регионе наибольшее количество осадков выпадает на побережье Кавказа (до 1500 мм в год), наименьшее — в северо-западной части моря (примерно 300 мм в год). Общая облачность в течение года в среднем составляет 60 %, с пиком зимой и минимумом летом [16].

Воды Черного моря, как правило, не замерзают, поскольку температура воды не опускается ниже +8 °С [16].

На северной части берегового участка Черного моря наблюдается извилистая и низинная линия берега, с множеством болот, таких как дельта реки Кубань, пресные озёра и солоноватые лиманы (например, Витязевский лиман и другие). Также заметны песчаные косы, отмели, наносы, плавни, острова, и полуострова (например, Тамань). После Анапы, берег приобретает более гористый характер, существуют две большие бухты-порта — Новороссийская бухта и Геленджикская бухта. После Геленджика, береговая линия становится более равнинной, прерываясь только устьями и конусами выноса небольших рек, текущих с Кавказского хребта в Чёрное море. Местами, берег обрывистый и скалистый, здесь можно выделить, например, скалу Киселёва, находящуюся недалеко от города Туапсе. Существенной чертой Черноморского побережья России является наличие нескольких типов пляжей на его относительно небольшом 500-километровом участке, включая мягкие мелкопесочные, твердые крупногалечные, бухтовые и скалистые пляжи. Например, в районе Анапы есть пляжи с кварцевым песком. [16].

Рассмотрим более подробно и сравним два водных объекта российского побережья Черного моря: Цемесская бухта (побережье Северного Кавказа) и залив Донузлав (полуостров Крым) (см. рис. 4).

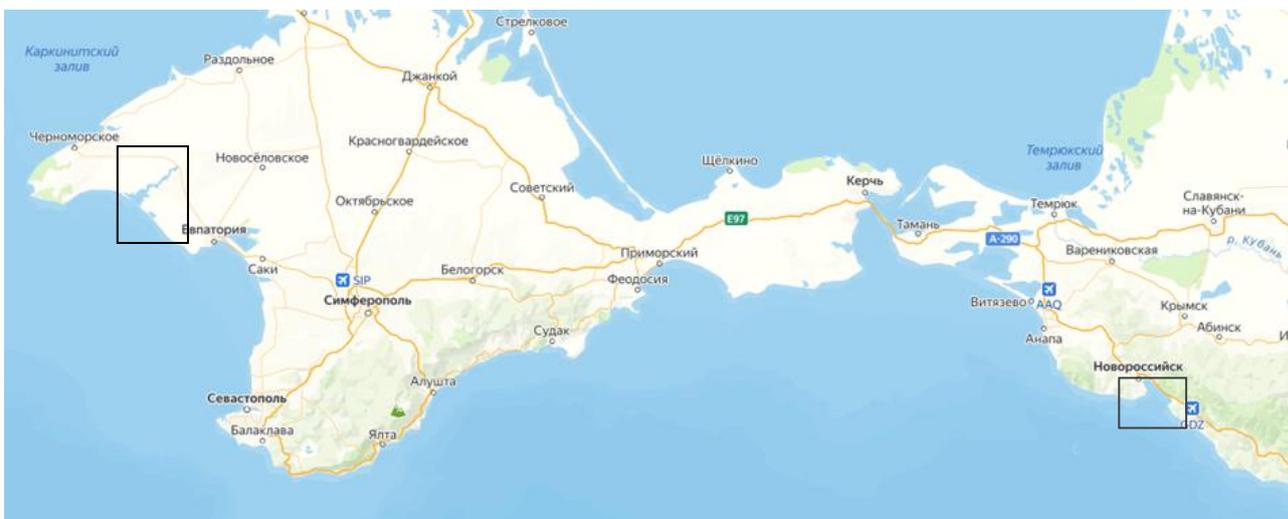


Рисунок 4. Карта Черноморского побережья России с обозначением исследуемых объектов: Цемесская бухта и залив Донузлав

Цемесская бухта Черного моря находится на северной части побережья Краснодарского края и является второй по значению в российской части Черноморского бассейна после Севастопольской бухты. Она образована мысом Дооб и Суджукской косой. На западе бухты находится Абрауский полуостров, на востоке – Маркхотский хребет. Максимальная глубина бухты — 27 метров. Несмотря на это, проходимость судов осложняется окаймляющими берега рифами, Пенайскими банками (мелями у входа с глубиной 5-6 метров), а также останками затонувших кораблей. Длина береговой линии составляет 15 км, вдаётся бухта в сушу на 7 км. Начиная с 1829 г. бухта активно используется для военных, торговых и пассажирских нужд региона, в первую очередь – расположенного на берегах бухты города Новороссийска. Температура воды зимой не опускается ниже +5, благодаря чему бухта судоходна в течение всего года. В период с марта по ноябрь бухта подходит для стоянки кораблей всех классов, тк с ноября по март бухта подвержена норд-остам (борам), когда скорость ветра может достигать 40 м/с, а волнение моря — 12 баллов. Бора («боре») – холодный северный ветер. Такие ветра обычно образуются в

регионах, где теплое море соседствует с невысокими горными хребтами. В Новороссийске это Маркхотский хребет или хребет Варада [17].

Озеро Донузлав расположено на западном берегу Крыма, врезается в полуостров на 30 километров и отделяет Тарханкутский полуостров от остальной части Крыма. Для Крымского полуострова это озеро является наиболее глубоким и наиболее крупным для всего Черноморья. Озеро включается в Тарханкутскую группу озер. Общая площадь рассматриваемого водоема составляет порядка 48,2 км². Озеро является соленым. Средняя соленость составляет порядка 18 ‰. Максимальная глубина в заливе составляет 27 метров, а наиболее широкая его часть находится рядом с устьем и достигает порядка 8,5 км. В 1961 году разрыта была маленькая часть, так что залив по-прежнему отделен от вод моря 12-тикилометровой пересыпью, ширина которой не более 1 км [18].

Берега залива достаточно обрывистые и извилистые. Высота берегов достигает 25 метров над уровнем моря. Но это больше характерно для узкой части залива, чем ближе к устью, тем берега становятся более пологими. Дно в заливе илистое. По некоторым оценкам толщина ила достигает 10 метров. Берега залива достаточно обрывистые и извилистые. Высота берегов достигает 25 метров над уровнем моря. Но это больше характерно для узкой части залива, чем ближе к устью, тем берега становятся более пологими. Дно в заливе илистое. По некоторым оценкам толщина ила достигает 10 метров сторону. Обратные течения образуются при скорости поверхностных течений, порядка 8-12 см/с (см. рис. 5) [18].

В верхней части озера при северо-восточном ветре обычно сложная циркуляция вод -антициклонический круговорот со скапливающим эффектом. А если скорость ветра будет уже порядка 15 м/сек, то скорость течения будет достигать уже 30 - 90 см/сек, и в этом случае будет хороший уровень циркуляции и аэрации вод.

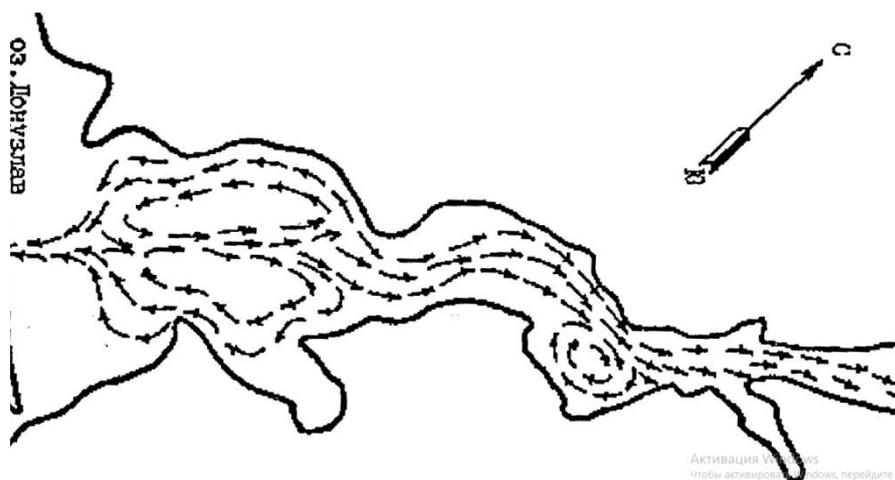


Рисунок 5. Схема установившихся течений в поверхностном слое залива Донузлав [19]

Длительность солнечного сияния обуславливает радиационный режим [19]. Продолжительность солнечного сияния составляет около 2180-2470 часов за год. Самое большое количество солнечного тепла поступает в июле. Температурный режим залива имеет тоже свою специфику. Так например распределение температуры в мелководье не отличается по всей толще, а вот в южной части, где наблюдается глубоководные места, там уже присутствует перепад температур порядка 4 градусов (рисунок 1.4). иными словами - термоклин. В летний период наиболее сильно вода залива прогревается к августу, а в зимний период наиболее низкие температуры встречаются в феврале (-1°C). Значение солёности близко к 17-18 ‰.

2.2 Основные природопользователи

Береговые территории всегда привлекали внимание человека благодаря уникальным ресурсам, сочетающим в себе плодородные равнины и богатства моря, а также возможностью легкого доступа к мировым рынкам. Береговая линия становится центром экономической и социальной активности, взаимодействия их интересов. Прибрежная зона - это пространство, которое используется множеством пользователей и представляет собой комплекс

ресурсов. В этой зоне частные предприятия и общественные организации зависят от ее ресурсов для обеспечения жизнедеятельности (например, вода и продовольствие), ведения хозяйственной деятельности (земельные и природные ресурсы, энергия) и для отдыха (пляжи и водные объекты). В нашей стране понятие прибрежной зоны вызывает некоторую путаницу, вызванную двумя основными факторами. Во-первых, это отсутствие четкой законодательной базы, в которой были бы точно определены определения, такие как прибрежная зона, ее составные части, управление и так далее. Во-вторых, в различных сферах, связанных с изучением прибрежной зоны (геоморфология, биология, геология, управление и т. д.), существует разнообразие использования терминологии, что часто приводит к недопониманию определенных терминов в различных областях научной деятельности [20].

Благоприятный климат прибрежных зон оказывает существенное влияние на различные аспекты хозяйственной деятельности человека. В сельском хозяйстве в этих районах процветают разведение чая (произрастают самые северные чайные плантации в мире), субтропическое плодоводство, включая выращивание цитрусовых. Побережье Черного моря в России отличается тем, что является крупнейшей в стране зоной для внутреннего пляжного отдыха, детского отдыха (включая пионерский лагерь "Орлёнок") и спортивного туризма (в том числе комплекс "Красная Поляна"). Таким образом, на этом побережье представлены все виды отдыха и туризма: семейный, детский, активный, экстремальный, корпоративный, лечебный, познавательный. Многие усилия были приложены как в период советской власти, так и в современное время для создания развитой инфраструктуры, способствующей развитию этой туристической и рекреационной зоны. Кроме этого, Черноморское побережье, является крупным транспортным узлом, на побережье имеется большое количество крупных портов, такие как Новороссийск, Севастополь, Анапа и др.

Благоприятный температурный режим способствует развитию аквакультуры, так как лёдообразование практически отсутствует и не наносит

физический ущерб гидротехническим сооружениям и, как следствие, экономический [20].

Таблица 1. Основные направления деятельности Крыма и Кавказа

Сфера	Примеры	Показатели
Рекреация	Большого Сочи, Анапы, Геленджика, Евпатория, Севастополь	450 км пляжей,
Порты	Новороссийск, Азовский, Анапа, Геленджик, Евпатория	Грузооборот 179,7 млн. тонн
Аквакультура	Выращивание мидии, черноморской и гигантской устриц, искусственное разведение кефалей, камбалы	Объём выращиваемой продукции около 700 тонн
Рыболовство	25 промысловых видов рыб(кефаль, хамса, скумбрия, ставрида, барабулька, тарань)	Современный вылов морских рыб в Чёрном море составляет 17–19 тыс. т.

Рекреационная инфраструктура - это комплекс рекреационных объектов, расположенных на территории страны (республики, области, района). К данным объектам относятся места для лечебно-оздоровительного отдыха, спортивного отдыха и туризма. Плотность рекреационных объектов на 1 тысячу квадратных километров является одним из ключевых показателей развития рекреационной инфраструктуры. Согласно этому критерию, территории классифицируются как сильно, умеренно и слабо развитые с точки зрения рекреационных возможностей. Функциональное развитие

рекреационных объектов определяется их специализацией на определенный вид рекреационной деятельности [20].

Для более полного проведения рекреационной оценки ландшафтов Черноморского побережья необходимо осуществить более детальный анализ водных ресурсов. В рамках этого исследования важно учесть морские и пресноводные водоемы, включая моря, большие и малые реки, озера и искусственные водохранилища, в том числе пруды, образовавшиеся в карьерах. Оценка водных ресурсов должна быть проведена как по отдельным параметрам, так и в комплексе, учитывая, в частности, потребности и характер рекреационной деятельности: от пляжного отдыха, купания (в рамках лечебно-оздоровительных программ) до разнообразных видов активного отдыха на воде. Важно также оценить пригодность водоемов для питьевого водоснабжения туристов, чтобы принять во внимание все аспекты, влияющие на использование этих водных ресурсов в рекреационных целях [20].

Летом короткие реки в Геленджикском районе пересыхают, поэтому основным природным оздоровительным ресурсом является море. Купальный сезон продолжается более 120 дней, начиная с середины мая и заканчивая серединой или концом октября, и температура воды составляет от +18 до +24 градусов Цельсия, иногда в отдельные дни достигая +29 градусов. В связи с разнообразием ландшафтных и геоморфологических условий побережье разделяется на несколько природно-рекреационных районов. От Новороссийска до Сухуми (примерно 450 км) побережье представляет наклонную равнину различной ширины, примыкающую к предгорьям Большого Кавказа. С другой стороны, от Новороссийска до Туапсе побережье широкое (от 2-3 до 5 км), плоское или слабонаклонное. На протяжении всего побережья от Новороссийска до Сухуми преобладают абразивные и абразионно-оползневые берега, примыкающие к глубоководным акваториям, которые чередуются с аккумулятивными участками устьев рек. Вдоль побережья практически непрерывно простирается полоса галечниковых пляжей; имеются широкие пляжи, превышающие 25 м в ширину. Оценочные данные по ресурсам пляжей

Геленджикской части Черноморского побережья достигают около 100 км, из которых около 15 км представляют собой пляжи шириной более 25 м, а менее 25 м — примерно 30 км. Почти половина береговой линии занята скалистыми участками, возможности для их использования в рекреационных целях ограничены. Примерно 10% участков побережья заняты хозяйственными объектами, садами, виноградниками и поэтому не могут быть рассмотрены как рекреационные ресурсы [20].

Хотя Черноморское побережье Кавказа считается одним из старейших и наиболее развитых рекреационных районов страны, высокая степень освоения береговой линии характерна в основном только для курортных городов, таких как Большой Сочи, Анапа, Геленджик, Сухуми, а также некоторых курортных поселков. Большие и уникальные природные рекреационные ресурсы этого региона (теплое море, пляжи, уникальные субтропические ландшафты) в значительной мере используются. Следовательно, дальнейшее развитие курортов и рекреационной зоны Черноморского побережья направлено на более интенсивное использование ресурсов пляжей и всей полосы предгорной равнины и предгорий [20].

При анализе водных ресурсов для пляжного отдыха рассматриваются следующие условия:

- доступ к воде;
- наличие плоских участков;
- характер дна;
- скорость течения (реки);
- преобладание слабого волнения на крупных водоёмах;
- температурный режим.

Для оценки водных объектов для купального отдыха на Черноморском побережье учитываются все вышеперечисленные условия.

Песчаные пляжи Черноморского побережья идеально подходят для отдыха: они пологие, без крутых спусков в море и естественные. Дно моря

также покрыто песком. Температура воды здесь составляет 18-24 градуса, что наиболее комфортно для купания [20].

Морские пляжи Черноморского побережья играют важную роль в экосистеме, поэтому важно, чтобы их использование соответствовало нормам антропогенной нагрузки. В настоящее время установлены следующие нормы: 5 квадратных метров на человека для обычных пляжей и до 12 квадратных метров на человека для лечебных учреждений в зависимости от заболевания. В сочинской курортной зоне на городских пляжах, к сожалению, эти нормы не соблюдаются, что негативно сказывается на состоянии пляжей. Кроме того, абразия моря оказывает разрушительное воздействие на берега, поэтому проводятся работы по укреплению побережий и строительству волнорезов. Однако следует помнить, что эти меры могут привести к снижению интенсивности перемешивания воды вблизи берега и к серьезному экологическому загрязнению [20].

В Геленджике представлены разнообразные медицинские учреждения для лечебно-оздоровительного отдыха, включая санатории, профилактории, пансионаты, дома отдыха и базы отдыха. Оборудование в этих учреждениях определяется природными лечебными факторами, присутствующими на курорте, а также его специализацией. Курортные зоны классифицируются как климатические, бальнеологические и грязевые в зависимости от основных лечебных ресурсов. Кроме того, возможно сочетание различных природных ресурсов, таких как климато-биологические или климатогрязевые курорты. Рекреационная инфраструктура на Черноморском побережье хорошо развита, с обширной сетью городских курортов и курортных поселков, среди которых Геленджикский район занимает 2-ю подзону [20].

Курортная зона большого курортного города Геленджик простирается вдоль 100 километров побережья, где расположено 117 разнообразных учреждений отдыха, в основном специализирующихся на оздоровлении. В Геленджике круглый год работают санатории, пансионаты и дома отдыха. Весьма значительное количество разнообразных учреждений отдыха и

круглогодичная работа санаториев, пансионатов и домов отдыха делают курортную зону великого курортного города Геленджик очень привлекательной для посетителей, и особенно для тех, кто ценит возможность отдыха и оздоровления в любое время года.

Крым, расположенный в европейской части Содружества Независимых Государств, славится своим солнечным климатом. Ежегодное количество солнечных часов здесь составляет от 2180 до 2470, и это особенно заметно на морском побережье благодаря влиянию морского бриза, который уменьшает облачность. По данным, зимой Крым получает около 10% солнечной радиации, весной – 30%, летом – 40%, а осенью – 20%. Большая часть солнечной тепловой энергии поступает летом. Горные районы получают наименьшее количество солнечной радиации, в то время как западное побережье - наибольшее. Население Крыма составляет около 2,031 миллиона человек, 44% из которых проживает в пяти крупнейших городах автономии: Севастополе (380,4 тыс. чел.), Симферополе (364 тыс. чел.), Керчи (157,2 тыс. чел.), Евпатории (122 тыс. чел.) и Ялте (136 тыс. чел.) [5].

Крым имеет богатую историю в сфере санаторно-курортного лечения, насчитывающую уже более двухсот лет. В 2007 году отметились 200 лет с момента начала использования природных ресурсов этого региона в качестве курортов, и по сей день Крым остается значимым местом для санаторно-курортного лечения. Благоприятное сочетание климатических и физико-географических условий, разнообразие рекреационных ресурсов и привлекательность побережья способствовали развитию различных форм санаторно-курортной деятельности, ставших популярными среди туристов. Эксперты из Франции и Германии утверждают, что санаторно-курортный отдых в Крыму обладает большим потенциалом [21].

Исторические природно-климатические особенности полуострова Крым способствовали его специализации в качестве санаторно-курортного и туристического региона и остаются ключевым фактором, стимулирующим развитие рекреационной зоны. Таким образом, работа санаторно-курортного

комплекса направлена на удовлетворение потребностей в санаторно-курортном лечении, реабилитации и оздоровлении людей не только из России, но и из различных стран. Создание конкурентоспособного продукта в сфере санаторно-курортного лечения на основе эффективного использования природных ресурсов (климат, минеральные и термальные воды, лечебные грязи озер) приведет к увеличению спроса на санаторно-курортные и туристские услуги. Наличие туристического потенциала и разнообразной инфраструктуры открывает новые возможности для развития различных видов туризма в Крыму, включая спелеологический, скалолазание, конный, велосипедный, дельтапланеризм, горно-пешеходный туризм, винные и охотничьи туры, вертолетные экскурсии, яхтинг, акваланг и другие виды активного отдыха [21].



Рисунок 6. Беляусская коса, Крым. (Фото Прокофьев П.)

Для государств, расположенных на черноморском побережье, морские перевозки занимают значительное место в экономике, являясь экспортно-импортными воротами этих стран. В реестре Федерального агентства морского

и речного транспорта зарегистрировано 17 морских портов в бассейне Черного моря, и из них пять находятся в Крыму. В 2013 году общий объем перевозок через морские порты бассейна (включая порты Крыма) составил 185,7 миллионов тонн.

Новороссийский морской порт - крупнейший в России и в бассейне, расположенный в незамерзающей Цемесской бухте города Новороссийска в Краснодарском крае. Он был создан в 1845 году и занимает площадь территории в 238 гектаров. В порту имеется 88 причалов, общая пропускная способность грузовых терминалов составляет 152,109 миллиона тонн, а грузооборот в 2013 году достиг 112,6 миллиона тонн. Пассажирский терминал имеет пропускную способность 1,663 миллиона человек в год. "Новороссийский морской торговый порт" (НМТП), контролируемый компанией NovoportHoldingLtd., владеет 50,1% акций портовых терминалов и инфраструктуры. ОАО "Транснефть" и группа "Сумма" Зиявудина Магомедова являются бенефициарами NovoportHoldingLtd. В настоящее время ведутся переговоры между "Транснефтью", "Суммой" и российским правительством о разделе нефтяных и сухогрузных активов НМТП.

Также крупными портами являются порты Анапа (пропускная способность 374 тыс. т), Геленджик (пропускная способность грузовых терминалов - 250 тыс. т), Ейск, Сочи и другие. На Крымском полуострове крупными портами являются: Керчь (грузооборот - 2,8 млн т), Евпатория (пропускная способность грузовых терминалов - около 4 млн т), Севастополь (см. табл. 2)

Южный федеральный округ (ЮФО) (см. рис. 7) обладает оптимальными природно-климатическими условиями для развития товарного рыбоводства. Здесь есть потенциал для развития различных направлений производства, таких как прудовое, индустриальное рыбоводство на теплых водах электростанций, форелеводство в предгорных районах, пастбищное рыбоводство в озерах, лиманах и водохранилищах. Благодаря наличию малых водохранилищ и резерва трудовых ресурсов, можно ожидать широкого развития крестьянского

Таблица 2. Крупнейшие порты Черноморского побережья

	Порт	Территория(га)	Грузооборот(млн т)
Кавказ	Новороссийск	238	152,1
	Анапа	1,5	0,374
	Геленджик	6,73	0,25
	Кавказ	46,5	8,42
	Сочи	76	3
Крым	Евпатория	22,5	4
	Керчь	26	2,8
	Севастополь	215,6	5,9
	Феодосия	13,44	2,6
	Ялта	12,15	0,2

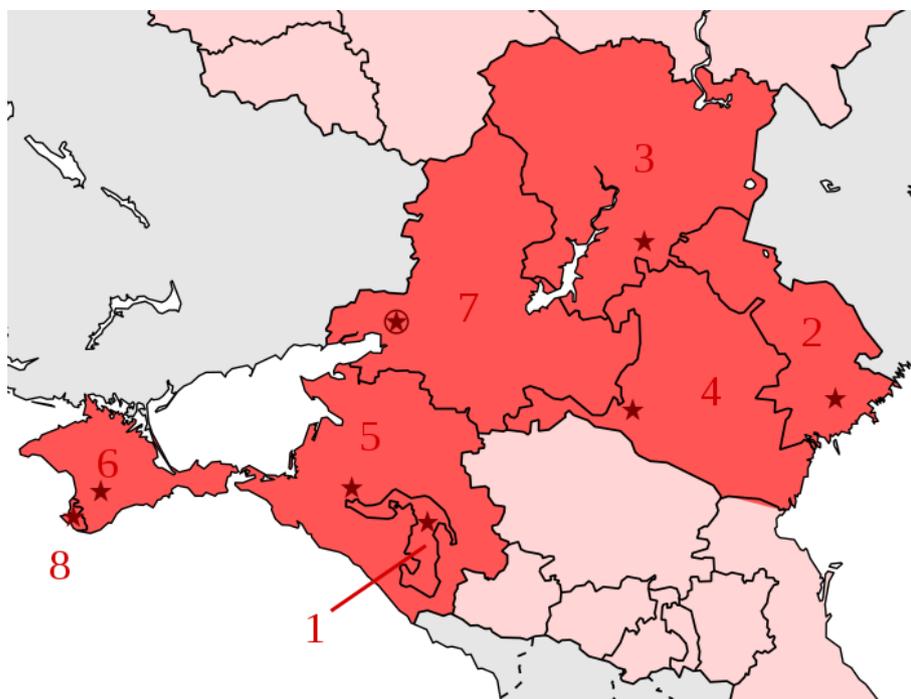


Рисунок 7- Карта Южного Федерального округа [22]: 5 - Краснодарский край; 6- Республика Крым; 8 - Город федерального значения Севастополь

(фермерского) рыбоводства. Планируется увеличить объем продукции товарной аквакультуры (товарного рыбоводства) до 69,4 тыс. тонн к 2025 году. Основные виды рыбоводства включают карпа, растительноядных рыб, форель, веслонос и осетровых, а также редких видов, таких как клариевые сомы [22].

У Крыма есть уникальные преимущества для развития аквакультуры, такие как длинное морское побережье с лиманами, бухтами и заливами, обилие солоноватых озер, подходящих для рыбоводства (более 64 тыс. га), а также большие объемы внутренних водных ресурсов (озера - 27,8 тыс. га, водохранилища - 5,1 тыс. га, пруды - 7,5 тыс. га). Самыми перспективными видами для выращивания являются мидии, черноморская и гигантская устрицы, искусственное разведение кефалей, камбалы и других морских видов рыб, а также пастбищное выращивание карповых видов рыб (каarp, растительноядные рыбы) в специально адаптированных пресных водоемах. Количество производимой продукции в республике до 2025 года планируется увеличить до 700 тонн [22].

Черноморский промысел вносит незначительный вклад в общий российский улов рыбы. Значимость биологических ресурсов Черного моря в первую очередь определяется благоприятными природно-климатическими условиями для организации круглогодичного отдыха населения страны на побережье и прилегающих территориях. Высокая численность постоянного и временного населения региона создает спрос на свежие морепродукты, что способствует развитию прибрежного рыболовства. В проекте Федерального закона о прибрежном рыболовстве говорится о том, что целью такого рыболовства является поддержание и развитие социально-экономической инфраструктуры прибрежных регионов Российской Федерации на основе рационального и не истощительного использования водных биоресурсов. Бережное использование водных биоресурсов подразумевает управление природопользованием с учетом физико-географических, биологических и социально-экономических факторов, которые оказывают влияние на состояние,

функционирование и изменения природных экосистем при добыче биоресурсов [23].

Примерно 22 % общей акватории Черного моря представляет собой пригодную для обитания рыб прибрежную зону шельфа. Около 70% шельфовой зоны находится в мелководной северо-западной части моря, в других районах её протяженность не превышает 10 км от берега [23].

Черноморская ихтиофауна по видовому составу практически вдвое разнообразнее, чем ихтиофауна Каспийского моря. Большинство видов обитает в верхнем слое моря. В Черном море обитает более 2000 видов морских существ. Всего здесь живет 184 вида и подвида рыб, однако лишь 25 из них имеют промысловое значение. Промысловые виды Черного моря подразделяются на четыре группы по экологическим и генетическим особенностям: морские тепловодные, умеренно-холодноводные, солоноватоводные и анадромно-пресноводные. Среди морских теплолюбивых видов можно выделить следующие: летом мигрирующая в Азовское море хамса (европейский анчоус); летом мигрирующая в Черное море из Мраморного — скумбрия, ставриды, пелагида, луфарь, тунцы; постоянно обитающие в Черном море кефали, барабулька, сарган, морские караси, горбыли и морской скат. К умеренно-холодноводным видам морских рыб можно отнести: шпрот, мерланг, несколько видов камбал, песчанка, катран и скат морская лисица. К солоноватоводным видам можно отнести: тюлька, бычки., перкарина. А к анадромно-пресноводным рыбам относятся: осетровые, сельди, судак, лещ, тарань, сом и другие [23].

Из-за насыщения глубоких вод Черного моря сероводородом, пелагическая зона, где могут обитать рыбы, ограничена верхним слоем, находящимся на глубине 140–180 метров. Однако в этой области присутствуют значительные биологические ресурсы. Самыми распространенными видами рыб в Черном море являются пелагические виды, такие как хамса, шпрот и ставрида. Наибольшее количество встречается хамсы, затем идет шпрот, за ним следует мелкая ставрида. Из-за ограниченного пространства шельфовой зоны и

сероводородного заражения, запасы донных видов рыб в этой зоне ограничены [23].

В воды эксклюзивной экономической зоны России попадает 102 вида рыб, из которых 20 используются в качестве объектов промысла. Современный уровень вылова морских рыб в Черном море составляет от 17 до 19 тысяч тонн [23].

Экологическая ситуация в Цемесской бухте достаточно сложная. В районе бухты расположены цементные (АО «Новоросцемент»), машиностроительные («Красный двигатель», «Молот») и другие заводы. На акватории порта Новороссийск расположены внутренний порт, порт судоремонтного завода, порт "Комбинат Стройкомплект", нефтяной терминал "Шесхарис", порт в поселке Алексино и порт морского терминала Каспийского трубопроводного консорциума. Из-за сброса сточных вод в бухту происходит значительное загрязнение, включая тяжелые металлы, которые могут накапливаться в донных отложениях. В бухту сливаются дождевые воды с территорий и дорог города, причем бытовые стоки частных домов часто попадают в те же системы для дождевых вод. Постоянным источником загрязнения является река Цемес. Ниже на карте представлена бухта с указанием месторасположения основных природопользователей (см. рис.8).

Как мы можем заметить, антропогенная нагрузка на акваторию достаточно большая, так как значительное количество природопользователей приходится на акваторию Цемесской бухты.

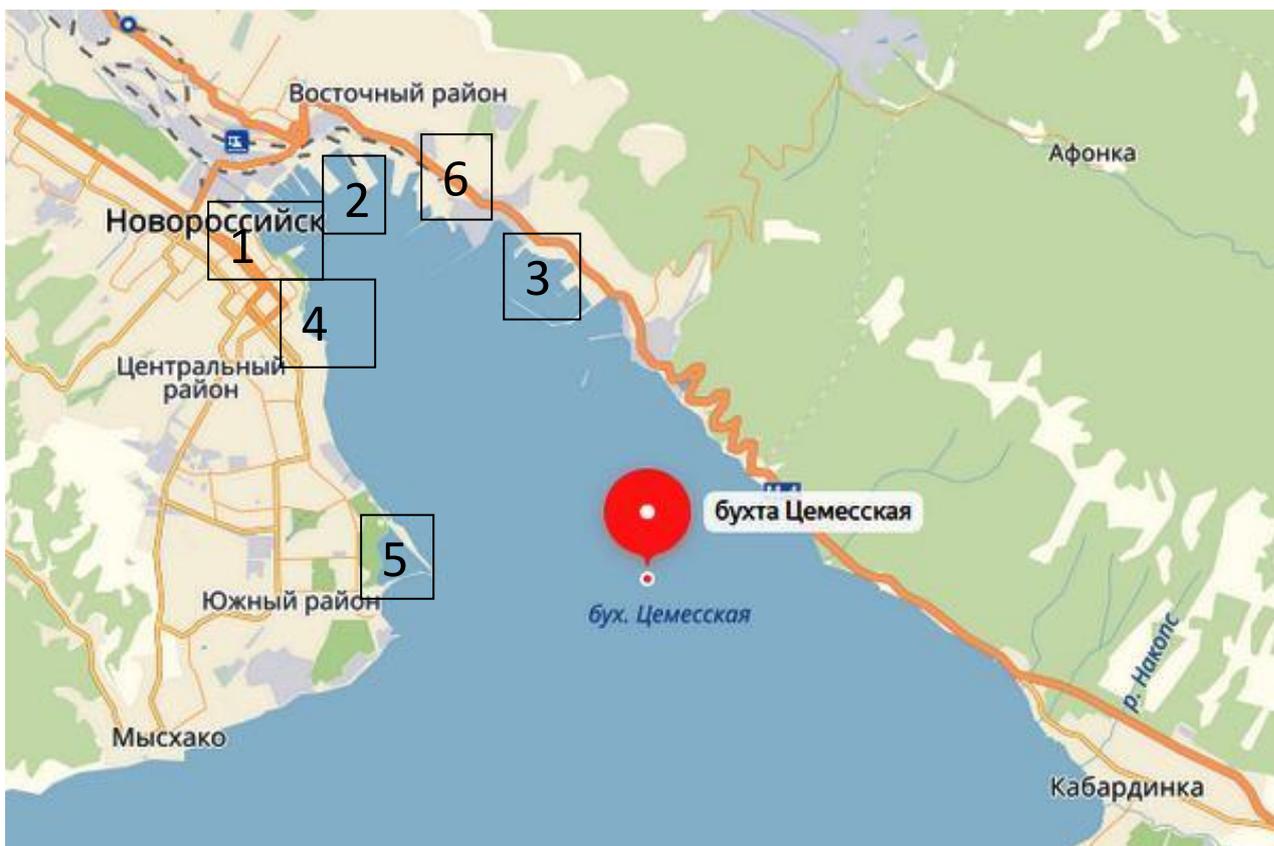


Рисунок 8 Акватория Цемесской бухты и основные хозяйственные объекты: 1 - Морской вокзал; 2- Морской порт; 3- Нефтеналивной терминал; 4 - Центральный пляж; 5 - Новоросийский дендропарк; 6 - Цементный завод «Новоросцемент»

Рассмотрим более подробно характер хозяйственной деятельности и инфраструктуру территорий, примыкающих к заливу Донузлав (см. рис. 9). Основным родом деятельности населения в данном районе является сельское хозяйство, как и во всем Черноморском районе в целом. Главными направлениями являются виноградарство, животноводство и выращивание зерновых культур.

В восточной части побережья озера Донузлав, относящейся к Сакскому району, территория используется для выращивания зерновых культур и для выгона овец.

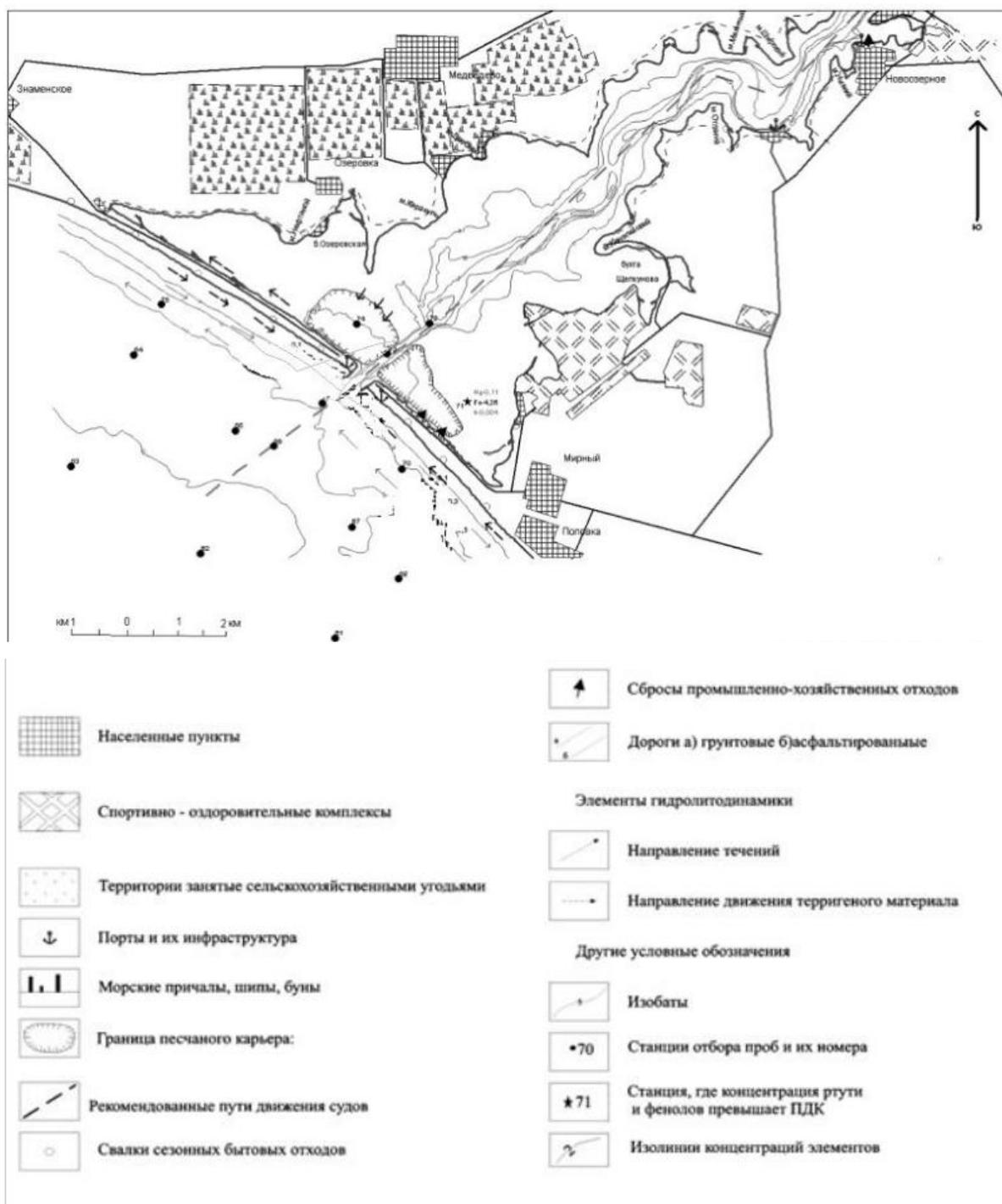


Рисунок 9 - Карта объектов хозяйства района залива Донузлав

В заливе Донузлав находится крупное подводное месторождение строительного песка, которое имеет высокое экономическое значение для Автономной Республики Крым. Это месторождение расположено в устье лимана, самой широкой и мелководной части, и состоит из двух участков –

северо-западного и юго-восточного, между которыми есть глубокая котловина. Глубина карьера варьируется от 5-7 до 10-12 метров, и его мощность достигает 10 метров и более [24].

На дне озера находятся ветки газопровода Глебовского газохранилища. Благодаря чему поступает газ по всему полуострову. Так же на акватории Донузлава располагается яхтенно-спортивный комплекс. Количество судов этого комплекса на данный момент составляет уже больше 300 штук. Там же располагается комплекс по ремонту судов и их обслуживанию (по данным СМИ). В целом, рассматривая данный район, можно сказать, что необходимая инфраструктура для обустройства марикультурного хозяйства присутствует: жилые районы - для обеспечения рабочей силы, так же есть транспортная сеть.

Но есть и некоторые недостатки в виде судов и песчаного карьера. Которые в свою очередь могут наносить ущерб экологическому состоянию вод залива и ограничивать выбор территории для расположения теоретического хозяйства. Во времена Советского Союза этот район был крайне секретным из-за расположения в нем военно-морской базы Черноморского флота. Для военной базы определено было это место в связи с тем, что залив представляет собой прекрасную гавань, которая может сравниться с севастопольскими бухтами.

При Крымском кризисе недавних событий на фарватерах были затоплены корабли российского военно-морского флота. Эти манипуляции проводились для преграждения пути кораблям ВМС Украины, находившихся в бухте (по данным СМИ).

Наличие такого объекта хозяйственной деятельности может являться потенциальным источником загрязнения нефтепродуктами вод залива. Даже при незначительном загрязнении нефтеуглеводородами морепродукты могут впитать эти элементы, что приведет к ухудшению вкусовых характеристик морских продуктов. Донные биоценозы тяжело переносят присутствие нефти в донных отложениях, даже при условии 1 мг нефтеуглеводородов на литр воды. Концентрация нефтяных веществ будет характеризовать воздействие на живые

организмы (острое или хроническое). При высоких концентрациях нефти морские организмы погибают (острое воздействие), а при хроническом – уменьшается количество видов растений и живых организмов, но можно отметить, что появляются более стойкие виды к токсическому воздействию.

2.3 Методы исследования

В работе был использован инструмент комплексного управления прибрежными зонами SWOT-анализ. С его помощью мы выделили сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы исследуемых объектов (см. рис. 10).

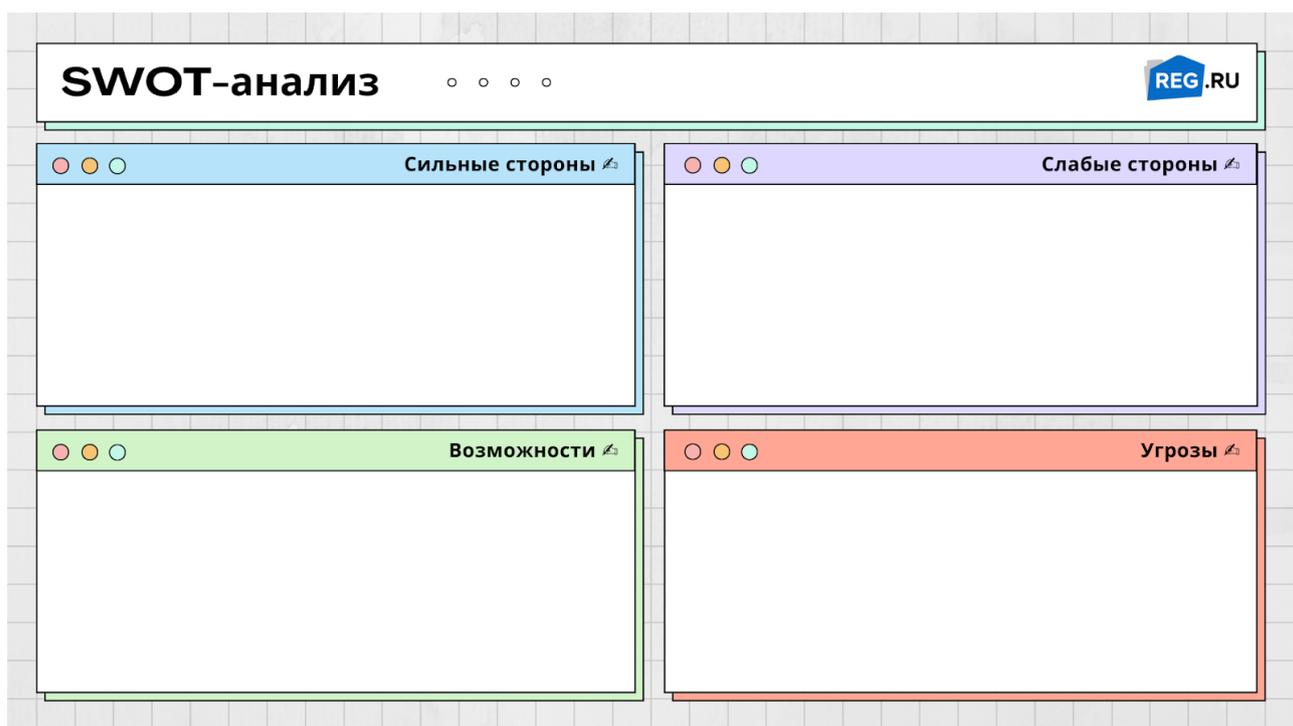


Рисунок 10. SWOT-анализ

Для количественной оценки качества вод акваторий Цемесской бухты применялся индекс загрязненности вод (ИЗВ).

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \quad (1)$$

где C_i – концентрация трех наиболее значительных загрязнителей и растворенного в воде кислорода, для которого значение в формуле рассчитывается делением норматива на реальное содержание.

Общее состояние планктонного сообщества Цемесской бухты оценивалось с помощью индекса видового разнообразия Маргалефа:

$$d = (s-1)/\ln N \quad (2)$$

где s – число видов, N – число особей.

3. Марикультура, как инструмент климатических проектов

3.1 Сравнение исследуемых объектов

Сравнение исследуемых объектов допустимо на основании схожести физико-географических условий. Как мы можем заметить, температуры поверхности воды в летний и зимний период практически одинаковые (см. рис. 11).

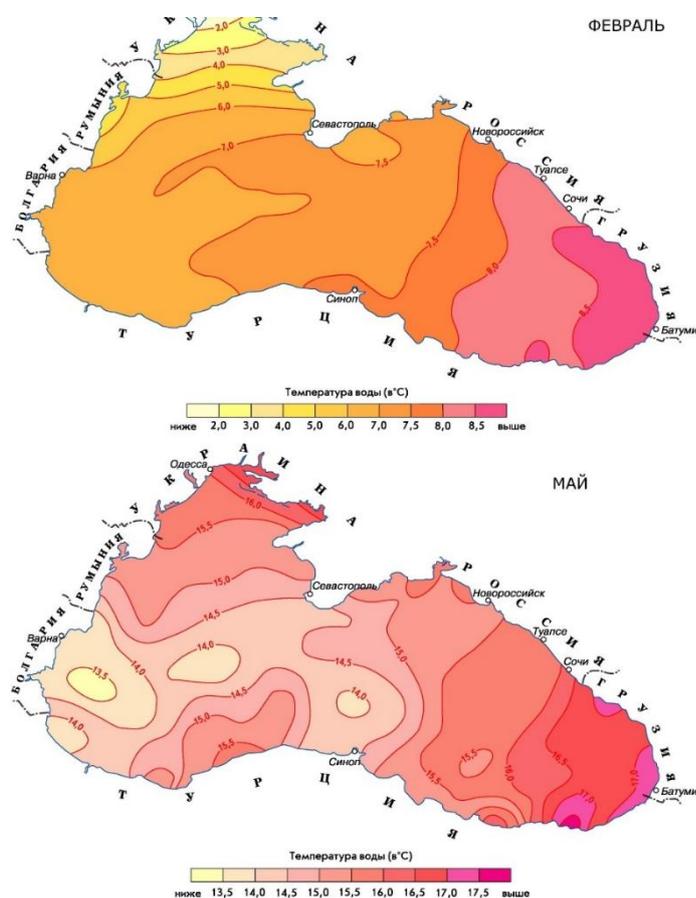


Рисунок 11. Температура поверхности океана в феврале и мае [11].

Чёрное море является крупнейшим в мире меромиктическим водоёмом, где имеются несмешивающиеся слои воды. Верхний слой воды (миксолимнион) на глубине до 150 метров более прохладный, менее плотный и менее солёный, за счет насыщенности кислородом. Он разделяется хемоклином

от нижнего слоя (монимолимнион), который теплее, солёнее, и плотнее, содержащего сероводород и находящегося в анаэробной зоне.

Водный баланс Чёрного моря определяется следующими факторами:

- атмосферные осадки (230 км³ в год);
- сток с материка (310 км³ в год);
- приток из Азовского моря (30 км³ в год);
- испарение с поверхности моря (-360 км³ в год);
- отток воды через пролив Босфор (-210 км³ в год).

Величина осадков, притока из Азовского моря и речного стока превышает величину испарения, что приводит к повышению уровня Чёрного моря над уровнем Мраморного моря. В результате образуется верхнее течение, направленное из Чёрного моря через пролив Босфор. Нижнее течение, которое проявляется в более низких слоях воды, менее выражено и направлено через Босфор в обратном направлении. Взаимодействие этих течений поддерживает вертикальную стратификацию моря и способствует миграциям рыбы между морями.

В Чёрном море практически не бывает приливов и отливов из-за ограниченного обмена воды с Атлантическим океаном. Циркуляция воды охватывает только поверхностный слой моря, который обладает солёностью около 18 промилле (в Средиземном море — 37 промилле) и богат кислородом и другими веществами, необходимыми для жизни организмов. Этот поверхностный слой подвержен круговой циркуляции в направлении циклона по всему периметру моря. В то же время в прибрежных зонах моря наблюдаются местные циркуляции воды, движущиеся в антициклоническом направлении. Температура поверхностных слоев воды варьирует от 8 до 30 °С в зависимости от времени года [25].

В нижнем слое воды, из-за высокого содержания сероводорода, отсутствуют живые организмы, за исключением некоторых анаэробных сероводородных бактерий, которые являются источником сероводорода.

Солёность в этом слое возрастает до 22-22,5 промилле, а средняя температура составляет около 8,5°C (см. рисунок 12) [25].

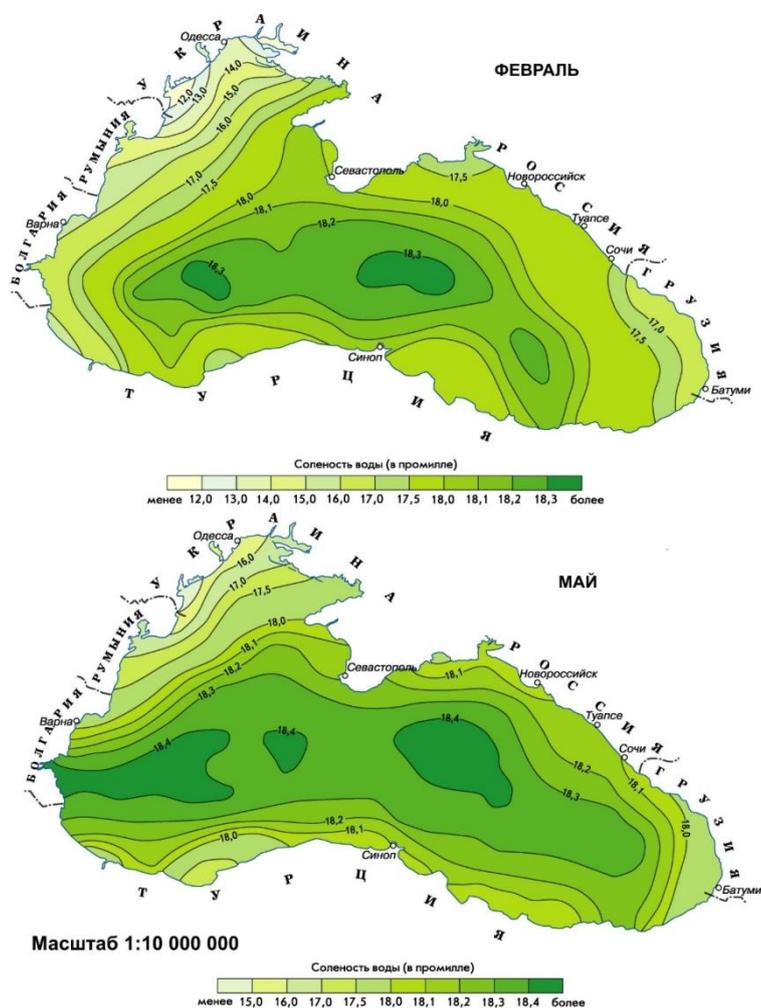


Рисунок 12. Солёность вод Чёрного моря [11]

Типы берегов (см. рис. 13) тоже имеют большое сходство, именно поэтому обе акватории активно используются для хозяйственной деятельности. Мы можем сравнить типы природопользователей и оценить пресс антропогенной нагрузки на водоём.

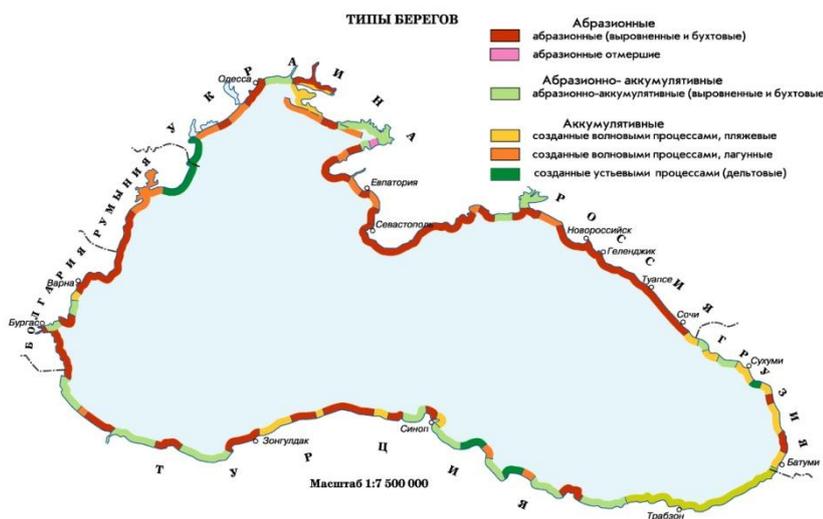


Рисунок 13. Типы берегов Черноморского побережья [11].

Однако, при большом сходстве у этих водоёмов имеются и различия. Цемесская бухта является морским заливом с активным водообменом с открытым морем, залив Донузлав имеет очень ограниченный водообмен и является достаточно распреснённым водоёмом, имеющим крупный сток в вершине. Кроме этого, исторически, залив Донузлав был озером, но удобность его географического положения с точки зрения укрытости от ветрового воздействия и, как следствие, волнового, сделало целесообразным прорытие канала для сообщения с открытым морем.

Сравнение и анализ этих всех факторов позволяет нам сделать вывод о влиянии хозяйственной деятельности на эти водоёмы.

3.2. Результаты SWOT-анализа для Цемесской бухты и залива Донузлав

Используя SWOT-анализ посмотрим на сильные и слабые стороны водных объектов, а именно Цемесской бухты и Залива Донузлав (см. табл.3).

Исходя из анализа, можем сделать вывод, Цемесская бухта благоприятное место для ведения хозяйственной деятельности человека круглый год, так как она незамерзающая, имеет большую акваторию. Но при этих плюсах, она

подвержена сильным ветрам и как следствие волнам, которые могут принести физический, экологический и экономический ущерб хозяйственной деятельности.

Таблица 3. SWOT-анализ Цемесской бухты и залива Донузлав

SWOT-анализ			
Цемесская бухта		Залив Донузлав	
Сильные стороны	Слабые стороны	Сильные стороны	Слабые стороны
Незамерзающая бухта (Т воды не опускается ниже +5С)	Сильные ветра	Скрытый от ветров и волнения	Застои в прибрежной зоне
Достаточно большая акватория	Анаэробная придонная зона	Распреснённый водоём	Анаэробная зона в придонном слое
			Неактивный водообмен
Возможности	Угрозы	Возможности	Угрозы
Санитарная аквакультура	Нефтеналивный терминал	Площадка для разных природопользователей	Добыча песка
Очистные сооружения	Цементный завод	Санитарная аквакультура как фильтр	Порт
Чистая акватория	Неочищенные сточные воды		Неочищенные сточные воды
Симбиоз разных природопользователей	Порт		Товарное аквакультурное хозяйство

Так как бухта имеет большое количество природопользователей, то угрозы нарушения экологического и физического состояния достаточно

высоки, среди угроз нефтеналивной терминал с рисками утечек углеводородов; цементный завод, с выбросом загрязняющих веществ в атмосферу и оседанием этих веществ на водную поверхность; несанкционированные гостиничные строения с отсутствующими очистными сооружениями и другое.

Залив Донузлав, защищённый от ветрового и волнового воздействия за счёт своей большой углублённости в материк, отлично подходит для хозяйственной деятельности человека. Угрозами могут быть слабый водообмен с морем и небольшая ассимиляционная ёмкость и, в случае увеличения поступления биогенов в следствии усиления антропогенного пресса, быстрая деградация акватории.

Давайте рассмотрим под призмой SWOT-анализа два вида аквакультуры, товарную и санитарную (см. табл. 4).

Санитарная аквакультура выполняет функцию очистки и мониторинга состояния водной среды, но имеет слабый экономический эффект, поэтому такие хозяйства должны иметь государственное финансирование либо иметь имиджевый интерес для крупных корпораций, которые должны быть заинтересованы в финансировании таких объектов. Такие хозяйства очень чувствительны к изменению концентраций загрязняющих веществ в водной среде. Также такие хозяйства могут быть «производителями» углеродных единиц с последующей продажей их или внутренним «употреблением».

Товарная аквакультура нацелена на получение прибыли и является источником рабочих мест для населения. В случае избыточного поступления биогенов, путём отложения на дне остатков корма и продуктов жизнедеятельности гидробионтов, может произойти деградация водной среды, вплоть до образования на дне анаэробной зоны. Риски, которым подвержено хозяйство высоки, при разрушении садков все гидробионты уходят в открытое море, принося катастрофический экономический ущерб.

Для контроля за экологическим состоянием акватории Цемесской бухты была реализована «Площадка биологических тест-объектов для мониторинга влияния объектов налива нефти/нефтепродуктов на состояние экосистем

Цемесской бухты Черного моря» (см. рис. 14). Созданная площадка комплексной мультитрофической аквакультуры представляет собой стальные конструкции, которые крепятся на свайных опорах причала АО «Черномортранснефть» (см. рисунок 15).

Таблица 4. SWOT-анализ перспектив размещения товарной и санитарной аквакультуры в Цемесской бухте и заливе Донузлав

SWOT-анализ			
Санитарная аквакультура		Товарная аквакультура	
Сильные стороны	Слабые стороны	Сильные стороны	Слабые стороны
Очистка водной среды	Не даёт рабочих мест	Рабочие места	Выработка отрицательных углеродных единиц
Индикатор состояния водной среды	Имеет слабый экономический эффект	Высокий экономический эффект	
Выработка положительных углеродных единиц	Высокая уязвимость от загрязняющих веществ	Натуральная продукция	Уязвимость от состояния среды
Возможности	Угрозы	Возможности	Угрозы
Внесение баланса в антропогенную нагрузку	Резкий выброс загрязняющих веществ в водную толщу	Обеспечение натуральной продукцией	Увеличение биогенной нагрузки на водоём
Проект по выработке углеродных единиц	Сильное волнение и как следствие разрушение садков		Сильное волнение и как следствие разрушение садков

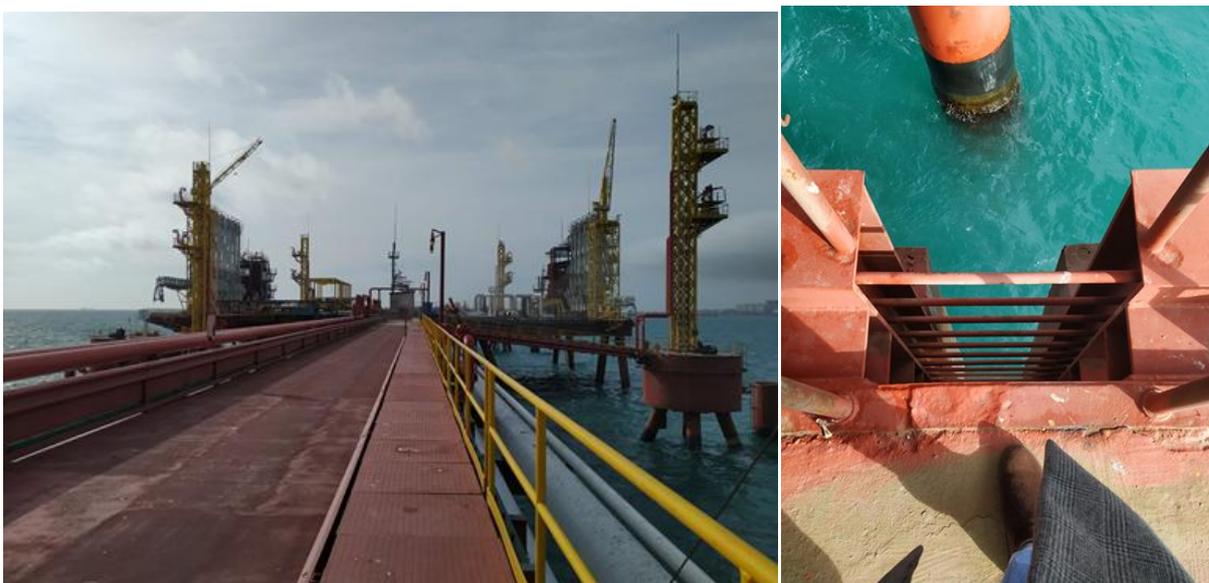
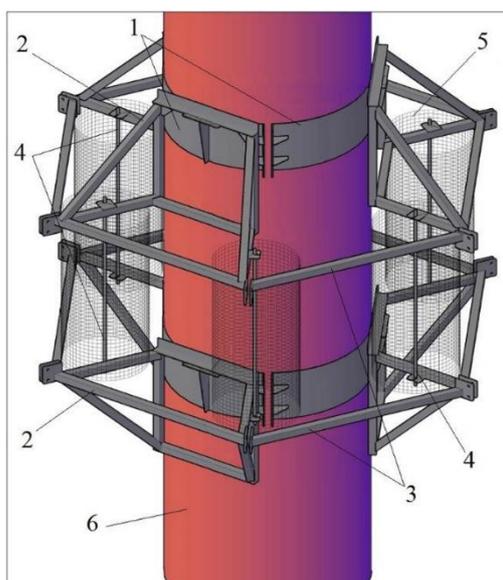


Рисунок 14. Площадка биологических тест-объектов в Цемесской бухте (фото Татаренко Ю.А.)



- 1 - стальной полухомут;
- 2 - стальная рама;
- 3 - поперечная стальная распорка для придания жесткости конструкции;
- 4 - стальная направляющая для размещения садков «Ostriga»;
- 5 - схематичное изображение садков «Ostriga»;
- 6 - тело свайной опоры

Рисунок 15. Схема установки садков

В качестве объектов аквакультуры культивировались: двустворчатые моллюски - гигантская устрица *Crassostreagigas* и мидия *Mytilus galloprovincialis*, а также водоросли - зеленая водоросль ульва жесткая *Ulvarigida* и бурая водоросль цистозира бородатая *Cystoseirabarbata* (см. рис. 16).



Рисунок 16. Мидия *Mytilus galloprovincialis* и Гигантская устрица *Crassostreagigas* (Фото Татаренко Ю.А.)

Для загрязненных и опресненных участков Черного моря характерно массовое развитие зеленых водорослей: видов кладофоры, энтероморфы, ульвы, представленно на рисунке 17; из красных здесь отмечены церамиум и каллитамнион (*Callithamnion*). Один из самых обычных видов в прибрежной части Черного моря – ульва жесткая (*Ulva rigida*)– в загрязненных бухтах часто достигает массового развития. Водоросль имеет слоевище жесткое на ощупь, зеленое или темно-зеленое, от нескольких сантиметров до 1 м высотой, с

отчетливой подошвой и стебельком, в молодом состоянии – ланцетовидное или овальное, позднее – широкоокруглое, с глубокими лопастями и складками.



Рисунок 17 – Ульва жесткая – *Ulva rigida* Ag. [<http://www.rus-nature.ru/04vodor/008.htm>]: общий вид (справа), поперечный срез таллома (слева)

Ульва хорошо развивается в условиях увеличенного поступления питательных веществ. Показана возможность совместной поликультуры рыб и водорослей в условиях КМТА. Например, в установке с рециркуляцией и биофильтрацией для выращивания рыб и ульвой *Ulva sp.* была достигнута фитопродукция 94-117 г/м² в сутки [26].

Черноморская мидия (*Mytilus galloprovincialis*) – двустворчатый моллюск из семейства митилид. В настоящее время этот вид распространён на мелководьях морей Атлантического, Индийского и Тихого океанов. Как и другие виды мидии, склонен к образованию плотных поселений (мидиевых друз), в которых моллюски прикрепляются к твёрдым субстратам (в том числе – к раковинам особей того же вида) с помощью биссусных нитей.

Колонии мидий оказывают положительное влияние на экологическое состояние района. Они не только уничтожают «морской мусор» и очищают дно, но и фильтруют морскую воду, пропуская её сквозь себя. Они же являются

одним из источников пищи для местной морской фауны. Репутация «морских мусорщиков» берётся некоторыми за довод в пользу того, что мидии – вредный для человека продукт, содержащий остатки мусора и вредных примесей, однако достоверных данных, подтверждающих ухудшение самочувствия при употреблении мидий не имеется. При этом очевидно, что сброс в море промышленных веществ, мусора и канализационных вод не может благотворно влиять на пищевые качества продуктов, полученных из мидий.

Крайне неблагоприятное воздействие на популяцию мидии оказывает венозная рапана, по некоторым данным, случайно завезённая в первой половине XX века из Японского моря в Чёрное море. По причине отсутствия в море естественных врагов, например, морской звезды, популяция рапаны разрослась и наносит большой ущерб фауне Чёрного моря, в частности, популяциям мидий и устриц.

Черноморская мидия представлена на рисунке 18.



Рисунок 18– Черноморская мидия (*Mytilus galloprovincialis*)

Объем мирового производства всех моллюсков в аквакультуре составляет почти 12 млн. т. Наиболее популярным объектом выращивания является мидия. Из всей мировой добычи мидий (400 тыс. т в год) около 76 % приходится на *Mytilus edulis*, и более 8 % – на *Mytilus galloprovincialis*, естественной средой

обитания которого является Черное море. Сейчас в Крыму выращивается около 500 т. мидий ежегодно, у побережья Краснодарского края - порядка сотни тонн.

Черноморская мидия (*Mytilus galloprovinciatis*) имеет продолговатую серо-синюю или коричневатую двустворчатую раковину длиной до 7 – 8 см. Моллюски покрывают густыми «щетками» каменные, бетонные, металлические, деревянные и другие твердые поверхности. Биомасса мидий может достигать 10 – 20, а порой и 50 кг на один квадратный метр твердого субстрата. Питаются мидии мелким планктоном и различными взвешенными органическими частицами, которых собирают, процеживая морскую воду через жабры. При этом растворенный в воде кислород расходуется на дыхание моллюска, а органические частицы идет в пищу. Молодые мидии составляют излюбленный корм бычков, глоссы, калкана, осетра, белуги, ската и многих других рыб, а также крабов.

Черноморская мидия – доминирующий и наиболее массовый вид макрозообентоса, основным районом промысла которого является северо-западная часть Черного моря (включая все Крымское побережье), где сосредоточено 90–95 % ее запаса. В Черном море мидию можно считать одним из основных объектов марикультуры из-за ее высокой интенсивности роста.

На мелководьях Крымского побережья мидии достигают промыслового размера (длина не менее 50 мм) уже на первый – второй год жизни, что делает ее выращивание особо рентабельным. Исследованиями подтверждено, что выращивание моллюсков интенсивными методами позволяет значительно повысить их продуктивность по сравнению с естественными условиями. За 14 месяцев мидия увеличивается в размере до 7 – 8 см и становится товарным морепродуктом.

Особенностью мидии, определяющей ее исключительную роль в процессах трансформации вещества и энергии шельфовой экосистемы, является фильтрационный тип питания. Мидийные плантации могут задерживать до 30 % углерода, 42 % азота, на 40–50 % уменьшать загрязненность воды бактериями даже в случаях их высокой концентрации, ускорять процесс

биоседиментации более чем в три раза [27]. Мидии пропускают через себя морскую воду, содержащую фитопланктон, взвешенные органические частицы и бактериофлору. Одна крупная мидия (размером более 5 см) фильтрует в сутки от 40 до 50 л морской воды. Исходя из этого, только 1 т мидий (30–33 тыс. экз.) в сутки фильтрует 1500–1600 м³ и за год может профильтровать от 500 до 540 тыс. м³ морской воды. При этом часть из присутствующих в морской воде компонентов усваивается мидиями и участвует в физиологических процессах, а часть в виде склеенных комочков (псевдофекалий) без переработки выбрасывается, уносится течениями или откладывается на дне [27]. Явление биофильтра в значительной степени определяет самоочищающую способность морской среды. Таким образом, плантации моллюска не только оказывают позитивное влияние на экосистему, но и представляют уникальную возможность активно противодействовать эвтрофированию моря [28].

Это подтверждает успешный мировой опыт, когда морские экосистемы, испытывающие интенсивную антропогенную нагрузку, справляются с подобным внешним воздействием. В частности, в Адриатическом море в Хорватии огромное количество природных фильтраторов (мидий и устриц) за несколько дней прокачивают почти всю воду в заливах. Но в связи с тем, что в последние годы нагрузка на экосистему Черного моря увеличивалась, а естественные мидийные поля сокращались, сегодня экосистема не успевает перерабатывать поступающие в море загрязняющие вещества. За 30 лет тралового промысла, а также из-за интродуцирования внешних видов конкурентов в значительной степени пострадали поясные биоценозы мидии и фазеолины, что негативно отразилось на структурных и функциональных характеристиках всей прибрежной экосистемы. В результате сокращения количественных показателей макробентосных животных-фильтраторов значительно снизился уровень естественного биологического самоочищения вод. На одном квадратном километре полноценного мидиевого биоценоза ежедневно происходит фильтрация 15–20 млн. м³ воды [27].

Важным фактом в пользу выращивания именно мидий *M. galloprovincialis* как части комплексной мультитрофической аквакультуры является присутствие в составе меропланктона Цемесской бухты ее личинок, причем в достаточно больших количествах [29].

Устрицы (*Ostreidae*) – семейство морских двустворчатых моллюсков. Обладают очень характерной асимметричной раковиной неправильной формы. Одна из самых популярных среди промысловых групп морских беспозвоночных.

Известно около 50 видов устриц. Почти все они тепловодны, и лишь отдельные виды проникают на север до 66° с. ш. Живут они как поодиночке, так и колониями, обычно на жёстких грунтах – камнях, скалах или на смешанных песчано-каменистых грунтах на глубинах от 1 до 50-70 м. Принято различать береговые поселения и устричные банки. Устрицы представлены на рисунке 19.



Рисунок 19 – Устрицы

Устричные банки иногда находятся и на большем отдалении от берега. Как и многие прибрежные животные, эти моллюски способны переносить некоторое опреснение; минимальная солёность, при которой они могут существовать – 12 ‰. Уровень солёности отражается на скорости роста устриц и на их вкусовых качествах: лучшими считаются устрицы, собранные при

солёности от 20 до 30 ‰ – там, где имеется небольшое и постоянное опреснение речными водами. При солёности около 33 – 35 ‰ устрицы растут хорошо, но мясо их становится жёстким. Это свойство было хорошо известно ещё древним римлянам, которые выдерживали собранных в море устриц в небольших опреснённых водоёмах. На поселениях и банках устрицы иногда живут очень плотно, тогда их раковины часто стоят вертикально, брюшным краем вверх; иной раз они срастаются вместе по несколько штук. Во время сильных отливов колонии ракушек иногда обнажаются, поэтому многие виды обладают способностью переживать длительное осушение.

У устриц раковина толстостенная и неравносторонняя. Она состоит из более крупной выпуклой (большой частью левой) створки, которая прирастает к различным подводным предметам, и меньшей, более плоской и тонкой, свободной створки, образующей своего рода крышку. Верхушка створок прямая, на правой обыкновенно более, чем на левой; замочный край без зубцов, связка, соединяющая обе створки, находится у замочного края с внутренней стороны. К обеим створкам раковины прикрепляется мантия (выделившая раковину). На внутренней поверхности створок раковины заметны отпечатки, то есть места прикрепления одного замыкательного мускула, при помощи этого мускула обе створки сближаются между собой, однако учеными этот процесс ещё в точности не выяснен. Нога, составляющая характерный орган движения пластинчатожаберных, у устриц совершенно отсутствует, так как они ведут неподвижно прикреплённый образ жизни. Жабры устриц состоят с каждой стороны тела из 2 тонких пластинок, усаженных (так же как и мантия) мерцательными волосками, поддерживающими непрерывный ток воды вокруг тела животного. Благодаря действию всех этих мерцательных волосков, животное постоянно получает свежую воду, богатую кислородом, а также и различные пищевые частицы, взвешенные в морской воде, как мёртвые, так и живые, состоящие из одноклеточных животных и растений (инфузорий, водорослей), коловраток, мелких личинок различных морских животных (кишечнополостных, червей, моллюсков и т. д.).

Черноморская устрица (*Ostrea edulis*) избегает опреснения и встречается в полносоленых, по черноморским меркам, водах. Это – Егорлыцкий и Каркипитский заливы, берега Южного Крыма, Кавказа, Анатолии. Ее створки прикрепляются к твердым предметам, либо друг к другу, образуя друзы. Как было отмечено выше, скопления устриц значительно пострадали от вселения хищника – рапаны, а также переэксплуатации. В настоящее время при культивировании товарного размера (50-60 мм) черноморские устрицы достигают в возрасте 2,5 года.

В 80-х годах XX века была начата интродукция тихоокеанской (гигантской) устрицы *Crassostrea gigas* Thunberg в Черное море. При выращивании гигантской устрицы в Черном море выяснилось, что темп роста устриц крайне неравномерен, а продолжительность выращивания до товарного размера (H=80 мм) составляет 24 – 26 месяцев, в то время как в заливе Петра Великого (Дальний Восток) - 15 – 20 месяцев после оседания личинок. Еще одна сложность разведения гигантской устрицы – это отсутствие местного посадочного материала.

Необходимость выращивания молоди устриц обоих видов в условиях питомника осложняет их использование в условиях комплексной мультитрофической аквакультуры Цемесской бухты.

Выбранные гидробионты использовались как биоиндикаторы состояния биологических сообществ и водной среды в районе размещения производственных объектов нефтегазового сектора. Наблюдения за объектами аквакультуры осуществлялись в весенний (17.06.21 и 07.06.22) и осенний (07.10.21 и 05.09.22) периоды. загрязнения. Рассмотрим пример санитарного хозяйства в Цемесской бухте.

Комплекс исследований включал: водолазные работы по снятию кассет с садками для моллюсков, извлечение их из воды и подъемом на причал для последующего обследования и взятия проб для анализа культивируемых объектов. Дополнительно выполнялись работы по мониторингу с отбором гидрохимических и гидробиологических проб на контрольных точках (Т1 -

фоновая точка наблюдений и Т2 - точка в районе размещения площадки тест-объектов) Цемесской бухты, удаленных от причала АО «Черномортранснефть».

В комплекс определяемых гидрохимических показателей входили: содержание растворенного кислорода, биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК5), концентрации взвешенных веществ, нефтепродуктов, азота нитритов и азота нитратов. Гидробиологические наблюдения включали отбор проб фито- и зоопланктона. Для количественной оценки качества вод морской акваторий применялся индекс загрязненности вод (ИЗВ, см. рис. 20).

Для расчета ИЗВ использовались БПК5, концентрации (в мг/дм³) растворённого кислорода, взвешенных веществ и нефтепродуктов. ИЗВ оценивались для контрольных точек Т1 и Т2 бухты по результатам гидрохимических наблюдений на трёх горизонтах (поверхность, средний горизонт (12 метров и 7 метров соответственно) и придонный горизонт (25 метров и 14 метров соответственно)).

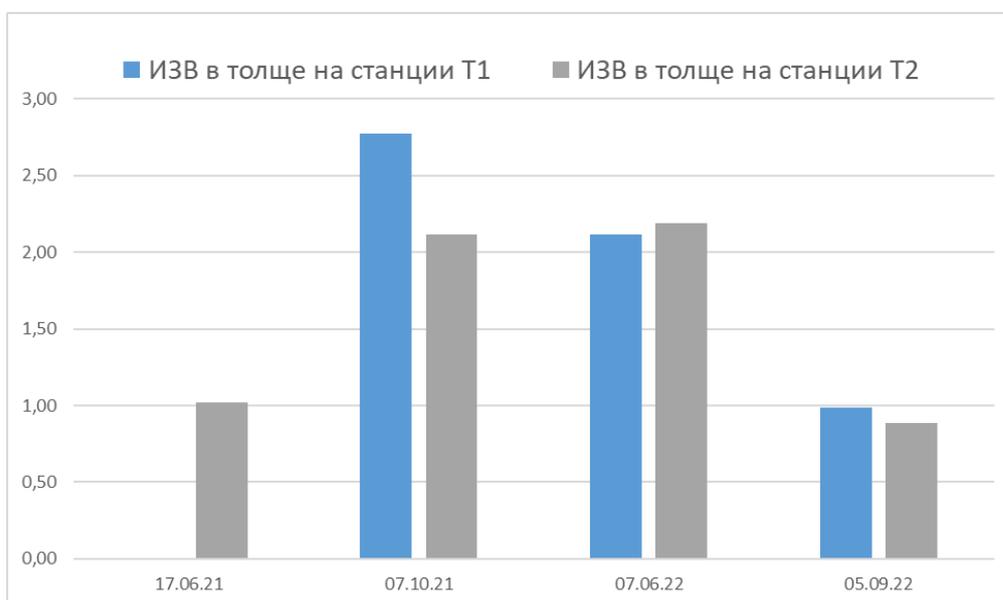


Рисунок 20. Индекс загрязнённости вод Цемесской бухты в зоне размещения объектов санитарной марикультуры

В соответствии с полученными значениями ИЗВ морские воды в рассматриваемых точках на акватории Цемесской бухты относятся к IV классу

- «загрязненные воды». Это отличается от ранее сделанных оценок в рамках государственного мониторинга за 2015-2019 годы, классифицирующих воды как «чистые», но при учете иных показателей: концентрация нефтяных углеводородов, фосфатов, нитритного азота и кислорода: Следует отметить, что на отдельных горизонтах в исследуемый период наблюдалось резкое увеличение концентрации взвешенных веществ. Максимальные концентрации в диапазоне 45-65 мг/дм³ были зафиксированы 07.06.22 и 07.10.21 при ПДК 10 мг/дм³. Одновременно на этих горизонтах в большинстве случаев наблюдалось превышение ПДК и по БПК₅ (свыше 2,1 мгО₂/дм³).

Поэтому ИЗВ по горизонтам варьировало в диапазоне от 0,49 до 2,68, что соответствует II-V классам качества вод: «чистые», «умеренно загрязненные», «загрязненные» и «грязные» воды. Общее состояние планктонного сообщества оценивалось с помощью индекса видового разнообразия Маргалефа (см. табл. 5, рис. 21-22).

В районе размещения площадки тест-объектов (точка Т2) значения индекса для фитопланктона составляли 1,66-2,64, а для зоопланктона - 1,21 - 1,92. В то же время для фоновой точки аналогичные индексы варьировали для фитопланктона в диапазоне 1,81-3,41, а для зоопланктона - 1,28-2,12.

Таблица 5. Расчёт индекса Маргалефа для точек 1 и 2 в зоне размещения объектов санитарной марикультуры в Цемесской бухте

	Дата	млн кл./м ³	кол-во видов		Дата	экз./м ³	кол-во видов
Фитопланктон в точке Т1	07.10.21	74.8	14	Зоопланктон в точке Т1	07.10.21	4863	19
	07.06.22	247.5	11		07.06.22	51626	16
	05.09.22	14	10		05.09.22	25810	14
Фитопланктон в точке Т2	07.10.21	64.8	12	Зоопланктон в точке Т2	07.10.21	7052	18
	07.06.22	228	10		07.06.22	27006	16
	05.09.22	23.6	9		05.09.22	45481	14

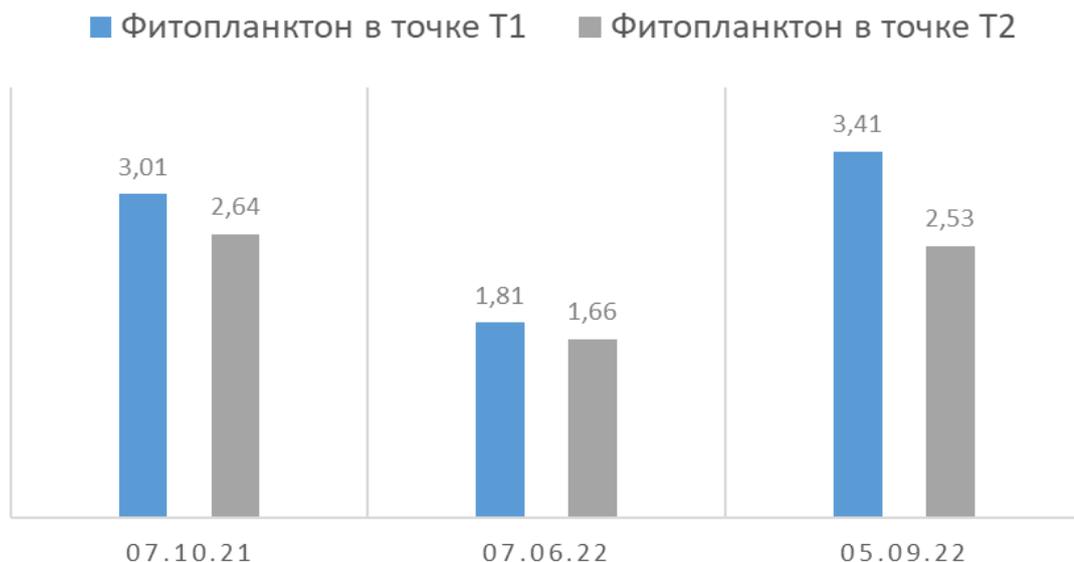


Рисунок 21. Изменение значений индекса Маргалефа для фитопланктона в точках 1 и 2 в зоне размещения объектов санитарной марикультуры в Цемесской бухте

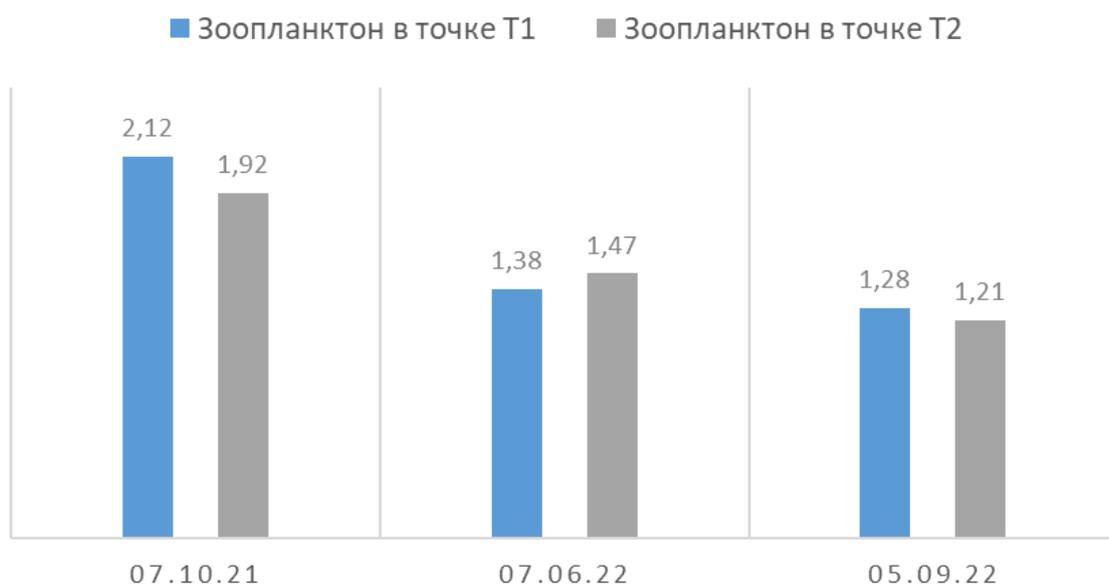


Рисунок 22. Изменение значений индекса Маргалефа для зоопланктона в точках 1 и 2 в зоне размещения объектов санитарной марикультуры в Цемесской бухте

Поскольку выборки слишком малы, то количественно подтвердить значимость выявленных различий индексов видового разнообразия пока нельзя. Тем не менее, значения индекса Маргалефа для фоновой точки наблюдений (точка Т1) свидетельствуют о несколько большем видовом разнообразии, чем в зоне размещения площадки тест-объектов.

В целом состояние культивируемых моллюсков на 2022 г. оценивалось как хорошее; в садках была обнаружена молодь мидий и устриц. Это свидетельствует о благоприятных условиях для развития данного сообщества. Доминирующими видами в районе площадки явились морские и солоноватоводные виды диатомовых водорослей. Незначительная роль сине-зеленых водорослей (цианобактерий) указывала на отсутствие процессов, связанных с интенсивным загрязнением исследуемой акватории. Анализ тканей тест-объектов не выявил накопления в них загрязняющих веществ (в частности тяжелых металлов) выше ПДК. Таким образом, несмотря на выявленные превышения ПДК по содержанию взвешенных веществ и БПК₅, а также различия индексов видового разнообразия Маргалефа для контрольной и фоновой точек, состояние культивируемых тест-объектов свидетельствует о том, что модельная экосистема пока справляется с имеющейся нагрузкой.

Подводя итог двухлетним исследованиям, можно сделать вывод о целесообразности размещения площадок аквакультурных тест-объектов для интегральной оценки состояния вод морских акваторий, подверженных интенсивному воздействию в результате хозяйственной деятельности.

В качестве сравнения рассмотрим хозяйство в заливе Донузлав.

В акватории залива Донузлав аквакультурное хозяйство изначально создавалось как товарное (см. рис. 20). По данным сайта, хозяйство занимает площадь 150 гектаров и его мощность составляет 2 миллиона устриц и 300 тонн выращенных мидий в год. Несмотря на то, что основная цель - это получение прибыли, хозяйство в Донузлаве имеет и санитарную функцию, т.к. в процессе выращивания продукция проходит проверку на пригодность для употребления в пищу для людей и тем самым отражает состояние водной среды.

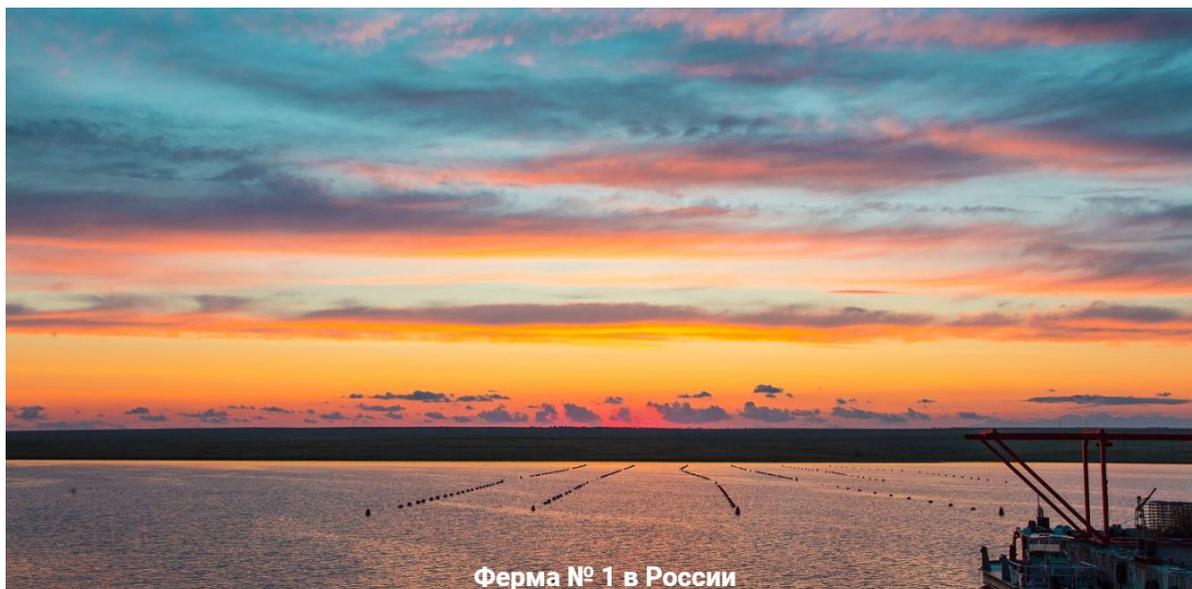


Рисунок 20. Аквакультурное хозяйство в заливе Донузлав

Помимо антропогенного пресса на прибрежную зону моря, вызванного хозяйственной деятельностью, в Чёрном море существует специфическая особенность, так же оказывающая влияние на ограничение ее ассимиляционной емкости - это анаэробная зона ниже изобаты 100 метров, которая «поджимает снизу» и создаёт дополнительную нагрузку и что, естественно, усложняет ситуацию.

3.3 Проблема Сероводородного слоя в Чёрном море

Важнейшая особенность Чёрного моря является наличие в его глубинных слоях больших объемов сероводорода. Сероводород представляет определённую опасность не только для рекреационных возможностей прибрежного Черноморья, но и в сочетании с другими газами, наполняющими глубины слои Чёрного моря, например, метана, и для биологической жизни в самом море, а, следовательно, и развития марикультуры.

Чёрное море является самым крупным в мире сероводородом бассейном. Объем сероводородной зоны оценивается примерно в 467 тыс. км³, что составляет примерно 90% объема моря, по некоторым источникам 93 %.

Недавние исследования позволяют сделать вывод, что Чёрное море представляет собой не только огромный резервуар сероводорода, но также содержит метан, который, вероятно, выделяется в результате деятельности микроорганизмов и процессов на морском дне [26].

Чёрное море в связи с большим количеством сероводорода представляет собой огромный резервуар, жизнь в котором существует только в верхнем слое воды, которая содержит растворённый кислород, а также органические вещества. На глубинах свыше 200 м в море практически нет жизни. Это токсичная сероводородная среда [30].

Положение верхней границы сероводородной зоны в Чёрном море непостоянно, она меняется в зависимости от района моря и вместе со временем года. Форма её рельефа – куполообразная с выпуклостью в центре моря и заглаблением на периферии. Форма определяется общим циклоническим характером циркуляции, наблюдающаяся в Чёрном море, обеспечивающим опускание вод на периферии и их подъемом центральных районах моря [26].

Для межгодовой изменчивости среднего положения слоя сероводорода в течение 1954-го – 1985-го годов. В работе выделено три характерных периода:

- с 1954-го по 1961 г. происходит стремительный подъем границы сероводородной зоны. Скорость подъёма составляет четыре – 5 м в год;
- в течение следующего десятилетия скорость подъёма снизилась до 1 м в год, а середина семидесятых годов подъем практически прекратился;
- в период с 1965-го по 1971 г. из 1978-го по 1984-й годы отмечали резкие колебания этой поверхности, а с 1972-го по 1977 год положение верхней границы сероводородного слоя менялось относительно плавно.

За исследованный тридцатилетний период граница анаэробной зоны в Чёрном море поднялась примерно на 40 м метров [30].

Это во многом определяет необходимость более рационального использования ресурсов прибрежной зоны Черного моря, в том числе путем развития санитарной марикультуры.

3.4 Рекомендации

Чёрное море является сложным, многофакторным водным объектом. Кроме возрастающей антропогенной нагрузки с береговой зоны посредством разных сфер жизнедеятельности человека, оно имеет ещё и свою базовую сложность в виде бескислородной зоны, которая «подпирает» снизу. Именно в таких условиях, возможным выходом из ситуации может быть распространение опыта создания санитарных аквакультурных хозяйств вдоль всего побережья.

Санитарной аквакультура может выполнять две функции:

- это контроль на уровне комплексной индикации, позволяющий быстро реагировать на любые изменения, за счёт динамики развития вида, благополучия развития,
- естественный биофильтр, т.к. высаживая объекты марикультуры, можно очищать водоём за счёт фильтраторов.

Оптимальным вариантом для биофильтра использовать «местные» виды. Так как при использовании инвазивных видов возникает риск встраивания этого вида в систему, в которой у него не будет конкурентов и тогда уже возникнет проблема для «местных» обитателей. Биофильтр может быть двух вариантов: растительный и животный. В случае растительного биофильтра, при его удовлетворительных значениях возможно изымания его из водной толщи для сельскохозяйственных нужд или на корм скоту. В случае использования животного биофильтра, он может быть использован в ресторанном бизнесе, либо фармацевтической продукции.

Если же содержание вредных веществ в биофильтрах повышен, то в любом случае происходит изъятие их из водной среды и тем самым идёт очищение от излишней биогенной нагрузки на водоём, но уже без дальнейшего использования. Санитарная аквакультура способствует решению экологических проблем прибрежной зоны и вполне соответствует требованиям предъявляемым к климатическим проектам.

Реализация этого опыта должна происходить в рамках климатического проекта, который требует меньше затрат, чем строительство очистных сооружений. Дополнительно должно быть привлечение представителей бизнеса, в том числе туристической сферы, государственных предприятий. Снижение качества водной среды несет риски для туристического бизнеса и сокращения доходов местного населения от данного вида деятельности.

Активное вовлечение в процесс развития санитарной марикультуры крупных коммерческих организаций может осуществляться за счет создания благоприятного имиджа таких организаций, как действующих в рамках развития Синей экономики и Инициативы Голубого роста. Примером такого вовлечения и является реализованная площадка биологических тест-объектов в Цемесской бухте Черного моря. Стимулирующим фактором может быть применение углеродных единиц и налоговая поддержка таких организаций со стороны государства.

Заключение

Подводя итог выполненной работы, можно сделать заключение, что в настоящее время возможность использования марикультурных хозяйств при решении задач комплексного управления прибрежными зонами в контексте улучшения экологической ситуации весьма высока. Так интеграция санитарной аквакультуры в прибрежную зону позволяет отслеживать состояние водной среды и, в случае ухудшения, вовремя принять меры по снижению антропогенной нагрузки на водоём. Кроме этого, гидробионты, используемые в санитарной аквакультуре, являются природными фильтрами и, как следствие, улучшают состояние водной среды.

Выполненный SWOT-анализ возможности использования марикультуры в рамках решения задач комплексного управления прибрежными зонами показал, что различные участки прибрежной зоны могут быть вовлечены в такую деятельность, как через стимулирование развития товарных хозяйств моллюск-индустрии, так путем создания специализированных объектов санитарной марикультуры.

На примере площадки биологических тест-объектов в Цемесской бухте было рассмотрена интеграция таких гидробионтов на практике. Результаты эксперимента показали хорошие результаты и целесообразность размещения площадок аквакультурных тест-объектов для интегральной оценки состояния вод морских акваторий, подверженных интенсивному воздействию в результате хозяйственной деятельности.

Это позволило рекомендовать проекты создания таких хозяйств осуществлять в рамках климатических проектов, т.к. их реализация в полной мере соответствует целям климатических проектов, используя углеродные единицы, как стимулирующий фактор..

Список литературы

1. Концепция «синей экономики». Обзор международных практик устойчивого управления/ Минэкономразвития РФ. Департамент многостороннего экономического сотрудничества.- Москва, 2021.- 17 с .URL: <https://www.economy.gov.ru/material/file/4f3bdf9df55157624f13ff2440275880/130821.pdf?ysclid=lp5hyd521g681727048> (дата обращения 23.06.2023)
2. Положихина М.А. Перспективы морского рыболовства и аквакультуры в контексте Синей экономики.- Экономические и социальные проблемы России.-2022.-№2.-С.33-56.
3. Семёнов С.М., Гладильщикова А.А. Оценочные доклады межправительственной группы экспертов по изменению климата(МГЭИК): исходная информация и технологии оценки.-URL: <http://meteo.ru/publications/127-trudy-vniigmi/trudy-vniigmi-mtsd-vypusk-179-2015-g/551-otsenochnye-doklady-mezhpravitelstvennoj-gruppy-ekspertov-po-izmeneniyu-klimata-mgeik-iskhodnaya-informatsiya-i-tekhnologiya-otsenki> (дата обращения 22.10.2023)
4. «Синяя экономика» и проблемы развития Арктики: коллективная монография/ под ред. С.М. Никонорова, К.В. Папенова, К.С. Ситкиной.- Москва: Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 2022. С. 10-26. - URL: https://porarctic.ru/upload/Синяя_экономика.pdf
5. Мировые тренды аквакультуры не обошли Россию// Fishnews.- 2021.- 14.09.- URL: <https://fishnews.ru/news/42686> (дата обращения 26.09.2023)
6. ФАО. 2021. Декларация КРХ об устойчивости рыболовства и аквакультуры 2021 года. Рим. URL: <https://doi.org/10.4060/cb3767ru> (дата обращения 26.09.2023)
7. ФАО.2015.Инициатива ФАО "Голубой рост" и аквакультура.- COFI:AQ/VIII/2015/7.- URL: <https://www.fao.org/cofi/43732-0d96f652208820299a272b5bd477b0406.pdf> (дата обращения 14.12.2023)

8. Углеродное регулирование В Российской Федерации. Минэкономразвития РФ.-Москва, ноябрь 2023. URL:https://carbonreg.ru/pdf/%D0%9E%D0%B1%D1%89%D0%B8%D0%B5%D0%9D%D0%9F%D0%90/uglerodnoe_regulirovanie_v_rossii.pdf

9. Сайт Реестр Углеродных единиц.-URL: <https://carbonreg.ru/ru/> (дата обращения 15.01.2024)

10. Сытник Н.А. Основы марикультуры. Учебное пособие.- Керчь, 2018.- С. 8-1 .- URL:<http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/education/Сытник%20-%20Основы%20марикультуры.pdf?ysclid=loyac3twg1322342638>

11. Природопользование и прибрежно-морские экосистемы ДВ морей. Портал ЕСИМО.-URL:<http://portal.esimo.ferhri.ru/portal/portal/poi/japan/pacificKISWindowJapan;jsessionid=72671296A733624629FE49E73AABCB52?action=2&uri=%2Fnature%2F4%2F%3F4%2F> (дата обращения 15.08.2023)

12.ФАО.2018. The state of world fisheries and aquaculture. URL: <https://www.fao.org/3/ca0191en/ca0191en.pdf> (дата обращения 15.08.2023)

13. Жигин А.В. Замкнутые системы в западноевропейской аквакультуре (по материалам ФАО)/ Сельскохозяйственное рыбоводство: возможности развития и научное обеспечение инновационных технологий (201, Ногинск). Международная научно-практическая конференция, 5-7 сентября 2012 г.: доклады/ ГНУ ВНИИР Россельхозакадемии.- М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012.- с.24-28 URL: <http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/conf/Сельскохозяйст%20венное%20рыбоводство%202012.pdf?ysclid=loybfqnkuq719726493> дата обращения 15.12.2023)

14. РГАУ-МСХА. Основы подводного ландшафтоведения.- URL: <https://www.activestudy.info/sanitarnaya-marikultura>

15. Арзамасцев И.С., Быкова С.В. Марикультура в Приморском крае.- Журнал «Рыбное хозяйство».- 2002.- №4.- С. 48-50.- URL: <http://www.dspace.vniro.ru/bitstream/handle/123456789/4934/15%20Арзамасцев.pdf?sequence=17>

16. Википедия. Черноморское побережье России. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Черноморское_побережье_России#Сходства
17. Полевой дневник «ОКавказе.ру». Цемесская бухта. Новороссийск. 2018. URL: <http://www.okavkaze.ru/?p=4730&ysclid=lstiv0zs1w324904824>
18. Энциклопедия современной Украины. 8-й том /Олиферов А. М — 2008.
19. Иванов В. А., Фомин В.В. Математическое моделирование динамических процессов в зоне море – суша. – Севастополь, 2008
20. Сайт Kazedu. Рекреационные ресурсы Черноморского побережья. URL: <https://kazedu.com/referat/23897>
21. Чесноков Ю.В. Проблемы и перспективы развития ресурсно-рекреационного потенциала в новых регионах РФ (на примере автономной Республики Крым). URL: <https://s.science-education.ru/pdf/2014/3/237.pdf>
22. Сайт «Аквакультура России». Южный Федеральный Округ.- URL: <http://aquacultura.org/aquacultura/yujniy-fo/>
23. М.И. Куманцов, Е.Н. Кузнецова, О.М. Лапшин. Комплексный подход к организации рыболовства на Чёрном море.- Труды ВНИРО.- 2013.-Том 150.- С. 91-98. - URL: <http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/trudy/150-8.pdf?ysclid=lsnhfbzy3n216718054>
24. Современные проблемы экологии Азово-Черноморского бассейна: Материалы II Международной конференции, 26-27 июня 2006 г., Керчь, ЮгНИРО. — Керчь: Изд-во ЮгНИРО, 2006. — 104 с.
25. Сайт «Чёрное море».Раздел Гидрология и гидрохимия.- 2009. <http://www.blackmore.ru/hydrology.php>
26. Дементьев Д.В. Биотехника использования водорослей для очистки морской воды при содержании рыб в установках замкнутого водообеспечения.- Автореферат дисс. - М.,2016. - 183 с.
27. Чуприна Е.В., Щеголькова Н.М. Эколого-экономическая оценка потенциала развития аквакультуры моллюсков на побережье черного моря Водное хозяйство России.- 2015.-№5- С. 79-92.

28. Александров Б.Г. Гидробиологические основы управления состоянием прибрежных экосистем Черного моря. - Киев: Наук. думка, 2008. - 345 с.
29. Селифонова Ж.П. Экосистемы акваторий черноморских портов Новороссийска и Туапсе: монография. – СПб: Наука, 2012. – 228 с.
30. Булыгин А.М., Грузинов В.М., Воронцов А.А., Дьяков Н.Н., Проценко С.А Новая география Чёрного моря.- Обнинск: «Артифекс», 2023.- С. 167-170