



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

(бакалаврская работа)

«Влияние океанологических характеристик на промысловые виды

Охотского моря»

Исполнитель: Джантюрк Салем Салимович

Руководитель: д. г. н., доцент, Аверкиев Александр Сергеевич

Консультант: Зуев Юрий Алексеевич, с.н.с. Лаборатории гидробиологии
ФГБНУ «ВНИРО», к.б.н.

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой


(подпись)

Кандидат географических наук

(ученая степень, ученое звание)

Хаймина Ольга Владимировна

(фамилия, имя, отчество)

«10» 06 2025 г.

г. Санкт-Петербург

2025

Содержание

Введение	3
Глава 1. Гидрологический режим и промысловые виды зообентоса северной части Охотского моря	5
1.1. Гидрология и рельеф дна в районе Тауйской губы.....	5
1.2. Промысловые виды зообентоса в акватории о-ва Недоразумения	13
ГЛАВА.2 Материалы и методы исследования.....	17
ГЛАВА 3. Результаты исследования Охотского моря.....	20
Заключение	31
Список использованных источников.....	34

Введение

Охотское море обладает рядом физико-географических особенностей, которые обеспечивают высокую продуктивность практически всей акватории моря. В бассейне Охотского моря важное промысловое значение имеют различные группы гидробионтов, включая рыб, беспозвоночных животных (в том числе представителей зообентоса) и других водных организмов, формирующих ценные биоресурсы региона. Промышленное рыболовство обеспечивает значительную добычу таких видов рыб как минтай, сардина иваси, сайра и др. Несмотря на меньшие объемы добычи по сравнению с промысловыми видами рыб, представители зообентоса обладают высокой экономической и пищевой ценностью, выступая как источник деликатесной продукции и биологически активных веществ, важных для поддержания здоровья человека. К таким ценным видам зообентоса относятся крабы, иглокожие и моллюски.

В данной выпускной работе рассмотрены 4 вида представителей макрозообентоса Охотского моря, имеющие важное промысловое значение: зелёный морской ёж, голотурии, краб синий и краб колючий. Эти виды обитают во многих шельфовых областях Дальневосточного бассейна, в данной работе рассмотрен лишь один небольшой участок их обитания- шельфовая зона о-ва Недоразумения в Тауйской губе. В течение нескольких лет сотрудники МагаданНИРО и ГосНИОРХ проводят теоретические исследования и летние экспедиции по изучению среды обитания, распределению и оценке запасов представителей мегазообентоса в Северной части Охотского моря и, в особенности, в непосредственной близости от магаданского побережья вблизи о-ва Недоразумения. Автор принимал участие в подобной экспедиции и подводных работах летом 2024г.

Работы производились под руководством с.н.с. ГосНИОРХ Зуева Юрия Алексеевича. С разрешения руководителей экспедиции полученные материалы послужили данными для нашей выпускной работы. Для оценки гидрологических условий акватории в период проведения натурных исследований использовались данные по температуре, солености и скорости течений из баз данных HYCOM, AVISO и GLORYS. Автор выражает свою благодарность и признательность Зуеву Ю.А. и Русяеву С.М, предоставившим возможность участвовать в работах и использовать полученные материалы, а также Будянскому М.В и Дидову А.А. за помощь в построении океанологических моделей.

Цель настоящей работы – исследование распределения представителей макрозообентоса в зависимости от рельефа дна, вида донных отложений и гидрологических условий в прибрежной зоне о-ва Недоразумения.

Задачи, которые были поставлены и решены для достижения этой цели:

1. Дать количественную оценку скоплений морского ежа, голотурий, краба синего и краба колючего на разных участках прибрежной зоны. Оценка дана на основе водолазных съемок в июле 2024 г.
2. Построить схематические трансекты (разрезы) выполненных съемок с распределением видов зообентоса с указанием вида рельефа и характера дна.
3. Привести гидрологические характеристики (температура и соленость воды, скорость течения) в период съемок из баз данных. Оценить возможное влияние гидрологических характеристик на распределение видов зообентоса.

Глава 1. Гидрологический режим и промысловые виды зообентоса северной части Охотского моря

1.1 Гидрология и рельеф дна в районе Тауйской губы

Климат. Охотское море, хотя и расположено полностью в умеренных широтах, отличается наиболее суровыми климатическими условиями среди дальневосточных морей, проявляя черты, характерные для арктических морских бассейнов. Эта особенность обусловлена его уникальными физико-географическими характеристиками: глубоким вданием в материковую часть Евразии и близостью к северному полюсу холода, что определяет формирование специфического климата на стыке континентальных и океанических воздушных масс. Протяженность моря в северо-восточном направлении (около 2500 км) создает выраженные различия в климатических, океанологических и биологических параметрах между его северными и южными районами. Особенно заметно это проявляется в северной части акватории, которая, будучи изолирована от обогревающего влияния Тихого океана горными хребтами Камчатки и значительной удаленностью от Курильских проливов, характеризуется наиболее экстремальными климатическими показателями.

В холодный период (октябрь-апрель) на климатические условия региона существенное влияние оказывает взаимодействие азиатского антициклона с его ленско-колымским ядром и алеутским минимумом, что приводит к интенсивному выхолаживанию морских вод, особенно в мелководных заливах материкового побережья, и активному процессу льдообразования. В летний сезон формирование охотского антициклона определяет преобладание прохладной пасмурной погоды с характерными для устойчивых воздушных масс явлениями - слоистой облачностью, моросью и плотными туманами, что в сочетании с остаточным охлаждением вод от зимнего периода существенно

ограничивает их летний прогрев.

Температура воздуха. Климатические условия северной части Охотского моря характеризуются отрицательными среднегодовыми температурами воздуха, при этом нулевая изотерма проходит по центральной акватории, соединяя южное побережье Сахалина с центральным участком западного побережья Камчатки. Такое термическое распределение обуславливает выраженную сезонную асимметрию: продолжительный зимний период продолжительностью 210-220 суток и крайне ограниченный по времени летний сезон, что существенно сокращает период возможного прогрева водных масс в исследуемом регионе.

Ветровой режим, шторма. Сентябрь в Охотском море представляет собой переходный месяц между летним и зимним муссонными режимами. В этот период начинается перестройка атмосферной циркуляции: постепенно ослабевают характерные для лета южные ветры (в сентябре их скорость до 5 м/с отмечается в 49-55% случаев), одновременно усиливаются северные воздушные потоки. Однако зимний муссонный режим еще не полностью устанавливается - повторяемость ветров со скоростью 5-15 м/с составляет около 37-46%, а максимальные скорости редко превышают 20-25 м/с. Сентябрьские штормы менее интенсивны по сравнению с зимним периодом (повторяемость 3-10%), но уже более продолжительны, чем летом. В этом месяце начинается активный циклогенез, хотя его пик приходится на декабрь. Особенностью сентября является сохранение относительно теплых морских масс, которые взаимодействуют с поступающими холодными континентальными воздушными потоками, что создает условия для формирования интенсивных ветровых полей, особенно в районах с сложным береговым рельефом, где местные ветры могут достигать 40 м/с [1]. Этот переходный период характеризуется постепенным увеличением продолжительности штормов от летних значений к зимним [2].

В мелководных районах северной части Охотского моря выделяются две

основные категории водных масс: поверхностная, существующая в период между сходом ледового покрова весной и его образованием осенью, и подповерхностная (холодный промежуточный слой), формирующаяся в результате интенсивного осенне-зимнего охлаждения водных масс до температур, близких к точке замерзания [1]. Данная стратификация водной толщи отражает характерные термодинамические процессы, свойственные высокоширотным морским акваториям с выраженной сезонной изменчивостью ледовых условий. Процесс льдообразования сопровождается повышением солёности вод вследствие вымораживания рассола и незначительным понижением температуры. С наступлением летнего периода формируется выраженная двухслойная структура: верхний слой, прогреваемый солнечной радиацией и опресняемый речным стоком и атмосферными осадками, изолирует расположенный под ним холодный промежуточный слой, образовавшийся в течение зимнего сезона. Такая сезонная стратификация водной толщи характерна для высокоширотных морских акваторий с выраженной годовой динамикой термических условий.

Гидрологические исследования М.Н. Белого (2006 г.) в прибрежной зоне северного Охотского моря выявили особенности формирования летней стратификации вод. Наблюдения показали, что весенние гидрологические процессы в этом районе активизировались уже в апреле с появлением прибрежной полыньи, при этом к началу июня основным фактором распреснения поверхностного слоя стал речной сток. Образовавшийся в результате термоклин существенно ограничил вертикальный тепло- и массообмен, что привело к двум взаимосвязанным эффектам: интенсивному прогреву и дальнейшему распреснению поверхностных вод при одновременном сохранении низких температур в подповерхностном слое. Такая динамика характерна для прибрежных районов с выраженным материковым стоком и сезонной ледовитостью [2].

Течения. Крупномасштабная циклоническая циркуляция акватории

Охотского моря детерминирована устойчивой ветровой активностью преимущественно северных направлений.

На изображении указано общее схема циркуляции вод в северной части Охотского моря (рис 1.1).

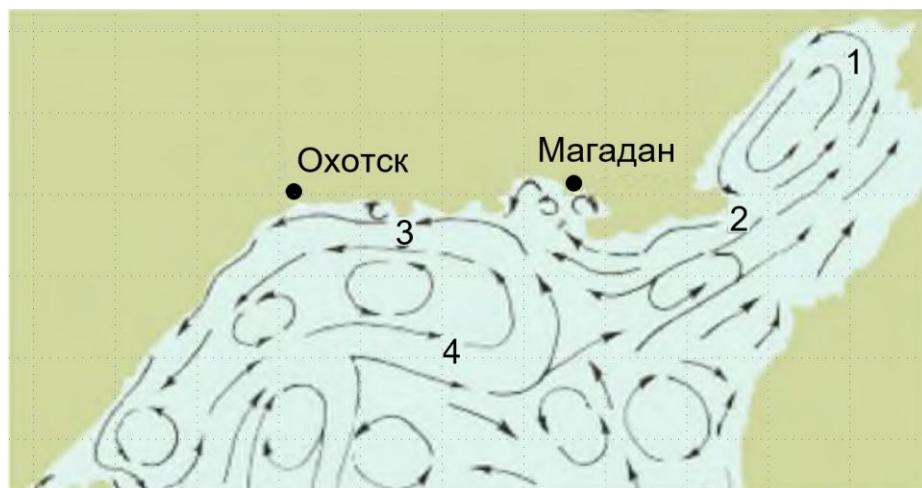


Рис. 1.1 Принципиальная схема общей циркуляции вод деятельного слоя северной части Охотского моря (по В.И. Чернявскому, 1981). 1 - Пенжинское течение. 2 - Ямское течение. 3 - Северо-Охотоморское течение. 4 - Северо-Охотоморское противотечение.

В прибрежной зоне в рамках макросистемы циркуляции наблюдаются два ключевых гидродинамических эффекта. Во-первых, конвергенция течений у береговой линии приводит к погружению прогретых поверхностных вод, формируя отеплённую прибрежную полосу шириной 10-60 морских миль, распространяющуюся до глубин 40-150 м. Во-вторых, за выступающими элементами берегового рельефа (полуостровами и мысами) образуются локальные антициклонические круговороты, характеризующиеся ослабленным течением. Такие гидродинамические процессы формируют уникальные условия для морских организмов. В зонах схождения течений происходит прогрев прибрежных вод, создавая комфортную среду для многих видов. В то же время,

образующиеся за мысами круговороты действуют как естественные убежища - здесь слабее течения, что способствует росту водорослей и дает защиту молоди рыб и других морских обитателей [2]. Эти "тихие гавани" особенно важны для уязвимых стадий развития многих гидробионтов. Такие процессы играют важную роль в формировании продуктивности прибрежных экосистем. Прибрежная полоса, служащая экологической нишей для макрофитов, характеризуется ослабленным влиянием основных течений, что обусловлено комплексным воздействием берегового рельефа, приливной динамики и речного стока.

Приливные явления. В северной части Охотского моря океанологические условия формируются под значительным влиянием приливо-отливных течений, которые играют ключевую роль в вертикальном перемешивании водных масс, приводя к гомогенизации гидрологических характеристик по всей толще воды. Этот процесс способствует обогащению водной толщи биогенными элементами и повышению солености [3]. Для региона от Шантарских островов до полуострова Камчатка характерны неправильные полусуточные приливы [1] с амплитудой колебаний уровня от 4 до 10 метров. Максимальные скорости приливных течений варьируют в зависимости от локации: по данным исследований, опубликованных в журнале «Гидрометеорология и гидрохимия...», 1993», на Тауйской губе они достигают 80 см/с, а в западной части залива Шелихова - от 40 до 100 см/с, что создает уникальные гидродинамические условия для данного региона. Приливные процессы играют ключевую роль в формировании экологических условий прибрежной зоны, оказывая комплексное воздействие на структуру водных масс и прибрежные биоценозы. Они вызывают периодическое осушение обширных участков дна, что приводит к резкой смене условий обитания гидробионтов, влияют на динамику ледового покрова и температурный режим. На примере данных гидрологических наблюдений на РС "Лима" в июне 2005 года (ФГУП "МагаданНИРО"), в частности на станции, расположенной в

защищенной кутовой части Ейриной губы, было выявлено, что в районах с выраженным влиянием речного стока и хорошим прогревом (температурный диапазон $+0,875...+1,875^{\circ}\text{C}$) температурные колебания в течение трехдневного периода наблюдений не демонстрировали явной связи с приливными циклами, что подчеркивает сложный характер взаимодействия различных факторов в формировании термического режима прибрежных вод.

Ледовая обстановка. Охотское море, особенно его северная часть, характеризуется исключительно суровыми ледовыми условиями, обусловленными специфическими физико-географическими и климатическими факторами, что сближает его по характеристикам с арктическими морями. Согласно данным [1], площадь ледового покрытия варьирует от 57% до 97% поверхности моря в зависимости от суровости зимнего сезона. Ледообразование начинается во второй декаде октября в защищенных бухтах северного побережья, достигая максимального распространения к первой половине марта, когда северные районы моря полностью (10 баллов) покрываются льдом. Полное очищение акватории ото льда происходит лишь в июле. Пространственное распределение льда отличается значительной неоднородностью: толщина ледового покрова колеблется от 20-30 см в западных районах до 30-90 см в акватории Ямской губы, а в мелководных полузакрытых бухтах может превышать 1 метр, что отражает сложное взаимодействие климатических, гидрологических и морфометрических факторов в формировании ледового режима. В некоторые годы при освобождении прибрежных вод ото льда наблюдаются случаи заноса битых льдин с открытых и северных участков моря под воздействием ветров и течений. Такой дрейфующий лед, отличающийся значительной толщиной и высокой сплоченностью, создает два основных негативных эффекта: во-первых, замедляет прогрев прибрежных водных масс, а во-вторых, оказывает механическое воздействие на литоральную зону и мелководные участки, вызывая абразию донных отложений и прибрежных биоценозов.

Осадки. В сентябре северная часть Охотского моря переживает период активной метеорологической перестройки, когда усиливается влияние циклонов, приносящих до 50-60% годовой нормы осадков (400-800 мм в зависимости от района). Эти обильные дожди оказывают комплексное воздействие на прибрежную экосистему: непосредственно опресняя поверхностный слой и косвенно - через увеличение материкового стока, что приводит к формированию выраженного галоклина. Одновременно наблюдается максимальная облачность (7-8 баллов) и учащение туманов, которые совместно снижают инсоляцию на 30-40% по сравнению с летними месяцами. Сложный геоморфологический профиль побережья, где скальные выступы вулканического происхождения (п-ова Лисянского, Кони) чередуются с аккумулятивными бухтами (Лужина, Нагаева), создает мозаику микроклиматических условий. В этот период особенно интенсивно протекают береговые процессы - абразия клифов достигает 2-5 см/сутки, а штормовая активность (3-4 события в месяц) способствует формированию динамичных аккумулятивных форм (косы, пересыпи), перераспределяя до 10-15 тыс. м³ наносов на километр побережья [1]. Такие условия создают уникальную среду для морских организмов, вынужденных адаптироваться к резким изменениям солености, температуры и освещенности.

Рельеф дна. Северная часть Охотского моря характеризуется существенно более развитым и широким шельфом (60-220 морских миль) по сравнению с южными районами, что обусловлено особенностями геологического строения и длительной историей осадконакопления в этом регионе. Наиболее контрастный рельеф дна наблюдается в непосредственной близости от берега, особенно на участках со скалистыми обрывистыми берегами (открытые морские мысы, скалистые острова и подобные формы рельефа), где отмечается исключительно крутой подводный склон с углами падения до 70-90°, прослеживающийся до глубин 40-80 метров. За пределами этой зоны резкого перепада глубин уклон дна существенно уменьшается, и 100-

метровая изобата, как правило, располагается на расстоянии 10-40 километров от береговой линии. На других участках побережья, где отсутствуют скальные выходы, переход от берега к подводному склону происходит более плавно: в зоне изобат от 0 до 10-25 метров углы наклона дна варьируют в значительном диапазоне от 1° до 40°, что отражает разнообразие береговых процессов в этом регионе. Ниже отметки 25 метров рельеф дна становится исключительно пологим - даже 50-метровая изобата на открытых отлогих побережьях отстоит от берега примерно на 30 километров, а в районе крупных заливов (Тауйская, Ямская и Гижигинская губы) это расстояние увеличивается до 50-100 километров, что связано с интенсивными процессами аккумуляции осадочного материала в этих защищенных от открытого моря акваториях. Такие особенности батиметрии северного Охотского моря оказывают существенное влияние на распределение водных масс, характер течений и формирование уникальных условий для развития морских экосистем.

Грунт. Характер донных отложений играет ключевую роль в распределении водорослевых сообществ, выступая важнейшим экологическим фактором, который определяет как надежность закрепления ризоидов макрофитов, так и устойчивость их произрастания в условиях существующих гидродинамических нагрузок, причем оптимальными для большинства видов являются каменистые субстраты. Формирование донных осадков в Охотском море происходит за счет трех основных источников: твердого речного стока, абразионного разрушения берегов и биогенного осадкообразования [1]. Анализ распределения донных грунтов выявляет выраженную вертикальную стратификацию: в прибрежной зоне преобладают песчаные отложения, которые по мере увеличения глубины последовательно сменяются алевритовыми, а затем илистыми и илисто-глинистыми осадками. Однако эта закономерная картина осложняется присутствием участков, где процессы осадконакопления отсутствуют (с выходами коренных пород), а также зон с активным перемещением наносов под действием течений. На пространственную

организацию донных отложений значительное влияние оказывают такие факторы, как степень изрезанности береговой линии, особенности речного стока и динамика прибрежных течений. Проведенные исследования выявили, что в прибрежной зоне (до 50 м глубины) преобладают песчаные грунты, тогда как каменистые субстраты образуют узкую (до 50 м шириной) прерывистую полосу вдоль абразионных участков побережья, полностью исчезая в кутовых частях заливов и бухт. Граница перехода от жестких к подвижным грунтам обычно расположена на глубинах 10-20 м, причем на аккумулятивных побережьях (район пос. Охотск, северо-запад Тауйской губы, Гижигинская губа) каменистые грунты практически отсутствуют, встречаясь лишь локально в виде небольших участков мелко-валунных и галечных отложений, связанных с подводными косами, продолжениями мысов и погруженными речными долинами.

1.2 Промысловые виды зообентоса в акватории о-ва Недоразумения

Для проведения комплексного исследования были отобраны четыре ключевых вида мегазообентоса, демонстрирующих выраженную биотопическую специализацию в акватории острова Недоразумения: зеленый морской ёж (*Strongylocentrotus droebachiensis*), кукумария японская (*Cucumaria japonica*), а также два представителя крабоидных раков - синий краб (*Paralithodes platypus*) и колючий краб (*Paralithodes brevipes*). Выбор данных видов обусловлен их чёткой экологической приуроченностью к специфическим биотопам изучаемого района.

Зелёный морской ёж (*Strongylocentrotus droebachiensis*) — широко распространённый промысловый вид, населяющий холодные воды северных частей Атлантического и Тихого океанов. Его ценность обусловлена вкусной и питательной икрой (гонадами), которая считается деликатесом и активно

добывается в странах Азии, Северной Америки и Северной Европы. Окраска этих ежей варьирует от светло-зелёной до тёмно-фиолетовой и почти чёрной, с возможными голубоватыми или коричневатыми оттенками. Размер взрослых особей обычно составляет 50–60 мм в диаметре, хотя отдельные экземпляры достигают 90 мм. Будучи всеядными, они питаются водорослями, детритом и мелкими донными организмами, играя важную роль в морских экосистемах. Тело зелёного морского ежа имеет шарообразную форму с уплощённой нижней (оральной) стороной, где расположен рот с уникальным жевательным аппаратом — аристотелевым фонарём, состоящим из пяти крепких известковых пластин. На верхней (аборальной) стороне находится анальное отверстие. Панцирь образован сросшимися скелетными пластинками и покрыт подвижными иглами разной длины, а также педицелляриями — мелкими хватательными структурами, выполняющими защитную и очистительную функции. Хотя ежи малоподвижны, они способны медленно передвигаться по субстрату с помощью амбулакральных ножек, снабжённых присосками, и игл, действующих как опоры. Такое строение позволяет им взбираться даже на вертикальные поверхности. Их экологическая роль значительна: они влияют на состав водорослевых сообществ, а их массовое размножение может приводить к образованию так называемых «ежевых пустошей» — участков дна, почти полностью лишённых макрофитов.

Голотурии (*Holothuroidea*), или морские огурцы, — класс иглокожих животных, близкородственных морским ежам, но отличающихся вытянутой червеобразной (реже шаровидной) формой тела, редуцированным кожным скелетом (представленным мелкими известковыми включениями) и билатеральной симметрией, маскирующей их пятилучевое строение. Их кожистое, морщинистое тело с хорошо развитой мускулатурой (включая 5 продольных мышечных лент, крепящихся к известковому кольцу вокруг пищевода) имеет ротовое отверстие с венчиком из 10–30 щупалец для захвата пищи и анальное отверстие на противоположном конце. Дыхание

осуществляется через амбулакральную систему и водные лёгкие — разветвлённые мешки, соединённые с клоакой. Голотурии, в отличие от других иглокожих, лежат на дне «на боку»: брюшная сторона (тривиум) несёт три ряда амбулакральных ножек, а спинная (бивиум) — два. Некоторые виды передвигаются с помощью удлинённых ножек или сокращений мышц, отталкиваясь от субстрата известковыми включениями. Их размер варьирует от 3 см до 2 м, окраска — от чёрной до коричневой или зеленоватой. Питаются голотурии либо фильтруя органические частицы и планктон из воды щупальцами, либо пропуская через кишечник донный осадок. Промысловые виды, известные как «трепанги», высоко ценятся в азиатской кухне и добываются в том числе на российском Дальнем Востоке. Их употребляют свежими, сушёными или в составе комплексных блюд.

В ходе исследований прибрежных вод о. Недоразумения нами были зарегистрированы три вида голотурий: *Psolus fabricii*, *Chiridota tauiensis* и *Cuscumaria japonica*. Среди выявленных видов голотурий промысловое значение имеет *C. japonica* (кукумария — японский морской огурец) — ценный объект марикультуры и пищевой промышленности Дальнего Востока. Согласно исследованиям П.А. Дулениной и А.Ю. Поварова, *C. japonica* демонстрирует выраженную батиметрическую приуроченность, населяя преимущественно открытые побережья на глубинах 13-35 метров в зоне активной гидродинамики, где интенсивное перемешивание водных масс создаёт оптимальные условия для питания сестонофагов. Стоит отметить что голотурии редко встречались в акватории острова, вероятно, это обусловлена ослабленной динамикой вод, ограничивающей трофические возможности, при этом особи сохраняют строгую привязку к определённым типам субстрата.

В исследовании также рассматривались **краб синий** (*Paralithodes platypus*) и **краб колючий** (*Paralithodes brevipes*). Эти виды, несмотря на название, относятся к крабоидам (*Lithodidae*) - группе крабовидных раков-отшельников. Их систематическое положение подтверждается характерными

признаками: редуцированной пятой парой ног, скрытой под карапаксом, и асимметричным строением брюшка.

Синий краб внешне напоминает камчатского краба. Этот крупный вид достигает ширины карапакса до 22 см у самцов (до 16 см у самок) и массы до 5 кг, с продолжительностью жизни 22-25 лет. Характерными особенностями строения являются: острый изогнутый вниз рострум с двумя крупными и несколькими мелкими шипами, трижды разветвлённый шип у основания усиков, а также две пары крупных шипов в сердечной области карапакса (у молодых особей вместо шипов - округлые бугорки). Окраска панциря и конечностей контрастная: красно-коричневая с голубоватым оттенком сверху и желтовато-белая снизу, с жёлто-оранжевыми пятнами по бокам и крупными синими пятнами на боковых поверхностях. По размерам и качеству мяса этот вид практически не уступает камчатскому крабу. Промысел синего краба ведется преимущественно в дальневосточных морях России (Охотское, Берингово, Японское). В последние годы ежегодный промысел составляет 3–7 тысяч тонн. Краб добывается ставными и донными ловушками, преимущественно на глубинах 20–200 м. Мясо синего краба (особенно конечности и клешни) высоко ценится на внутреннем и международном рынках, экспортируясь в свежемороженом и варено-мороженом виде.

Колючий краб (*Paralithodes brevipes*) — важный, но менее массовый промысловый вид из семейства *Lithodidae*, обитающий в северной части Тихого океана (Охотское, Берингово моря, у берегов Камчатки и Аляски) на глубинах 50-300 м, преимущественно на илистых и песчаных грунтах. Этот крупный ракообразный достигает ширины карапакса до 15-18 см (самцы) и 12 см (самки), отличается характерной красно-коричневой окраской с оранжевыми оттенками и многочисленными шипами на панцире. Обладая продолжительностью жизни до 20 лет, вид демонстрирует типичную для крабов-стригунов биологию: всеядность (питается моллюсками, червями, детритом), длительное вынашивание икры самками (10-12 месяцев) и сложный

планктонный цикл развития личинок. В промысловом отношении уступает камчатскому и синему крабам, с годовым выловом в России 500-1500 тонн; его мясо, хотя и используется в пищевой промышленности (консервы, варено-мороженная продукция), ценится ниже из-за меньших размеров и более грубой текстуры.

Глава 2. Материалы и методы исследования

Натурные данные о распределении рассматриваемых видов, рельефе дна и состоянии грунтов были получены в результате серии водолазных обследований акватории вблизи острова Недоразумения Тауйской губы в сентябре 2024 года (в период 09.09.2024 – 13.09.2024). Автор лично осуществлял все водолазные исследования и сбор полевого материала, представленного в данной работе.

Выбор данного района исследований обусловлен его географической близостью к г. Магадан, что обеспечивает логистическую доступность для проведения регулярных полевых работ на островной территории. Четыре стандартизированных водолажных погружения суммарной длительностью около 4 часов позволили получить комплекс визуальных данных и подводных видеозаписей. Из четырех исследованных участков три демонстрируют значимые различия по совокупности анализируемых параметров, в то время как четвертый участок по своим характеристикам практически идентичен полигону номер 1. Картографическое представление всех исследовательских локаций водолажных работ приведено ниже (Рис. 2.1).



Рис. 2.1 Район исследования и расположение водолазных трансект у острова Недоазумения Тауйской губы.

Исследования проводились вдоль трансект, обозначенных подводным фалом длиной 50 м, натянутым перпендикулярно береговой линии в соответствии методу А.Н. Голикова и О.А. Скарлато (рис 2.2).

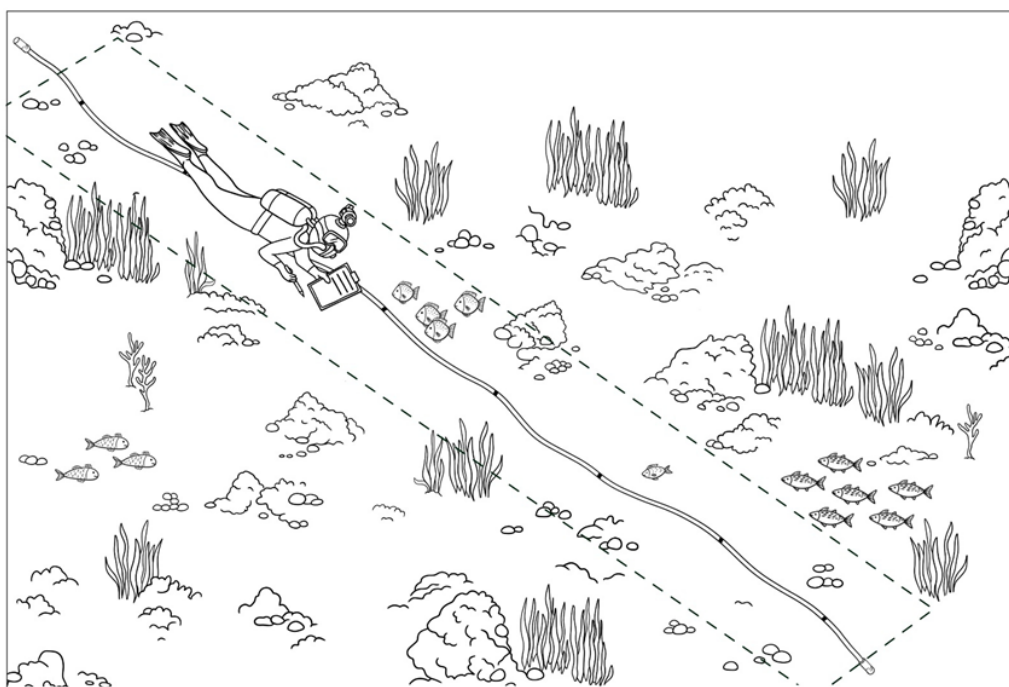


Рисунок 2.2 Схематическое изображение используемого водолазного метода А.Н. Голикова и О.А. Скарлато.

Учётные работы выполнялись методом визуального обследования с параллельной видеофиксацией при помощи экшн-камеры GoPro, закреплённой на шлеме одного водолаза и дополнительной камерой у второго водолаза. Непосредственные визуальные наблюдения документировались *in situ* при помощи водонепроницаемого планшета, а для точной таксономической идентификации отдельные экземпляры зообентоса отбирались в

специализированные сборные мешки. Для количественной оценки плотности распределения донных организмов использовались стандартные трансекты длиной 50 м с шириной полосы учёта по 2 м в обе стороны от центрального фала, что составляло общую обследуемую площадь 200 м² на каждой трансекте. Показатели плотности (экз./м²) рассчитывали, как отношение общего количества особей каждого вида, зарегистрированных визуально и подтверждённых видеозаписью, к площади исследования (200 м²), что обеспечивало точность и объективность полученных данных. Пространственное распределение плотности исследуемых видов сравнивали между тремя основными типами донных ландшафтов, выделенными по комплексу геоморфологических характеристик, включая тип грунта и особенности рельефа дна. Глубину (в диапазоне 1–17 м) и температуру воды фиксировали с помощью водолазного компьютера.

Для всесторонней характеристики среды использованы океанографические данные (температура, солёность, батиметрия, хлорофилл-а, течения) из глобальных моделей HYCOM, AVISO и GLORYS, на основе которых выполнено картографическое представление гидрофизических полей.

Глава 3. Результаты исследования Охотского моря

Северный сектор Охотского моря в целом характеризуется относительной однородностью подводных ландшафтов, представленных преимущественно абразионно-аккумулятивными равнинами, однако исследуемый район (остров Недоразумения и акватория Тауйской губы) демонстрирует существенно более сложную ландшафтную структуру. Особый интерес представляет мониторинг гидробионтов островных экосистем Тауйской губы, который оказывается более информативным по сравнению с материковыми участками благодаря выраженной пространственной сложности островной береговой линии, создающей разнообразие экологических ниш и, как следствие, повышенное видовое богатство фауны верхней сублиторали.

На основании имеющихся данных по геоморфологии [2] сублиторали Тауйской губы были идентифицированы три основных типа - донных ландшафтов:

- песчаные, мелкогалечные плато проливов и закрытых бухт;
- валунно-каменистые гряды;
- скалы и их обломки на мысах и их подводных оконечностях.

Проведенные исследования выявили следующие закономерности распределения донных ландшафтов в верхней сублиторали (1-15 м): первые два типа встречаются на всех глубинах изучаемого диапазона; валунно-каменистые гряды (1-10 м) формируются как вдоль берегов, так и у подножий скальных массивов; наиболее редкий для региона тип - скальные грунты с валунными глыбами (обломками скал) - ограничен глубинами до 10-12 метров.

Наши полевые наблюдения находят четкое подтверждение в батиметрической модели (рис. 3.1), которая наглядно и однозначно демонстрирует существенные различия в рельефе дна всех трех исследуемых участков.

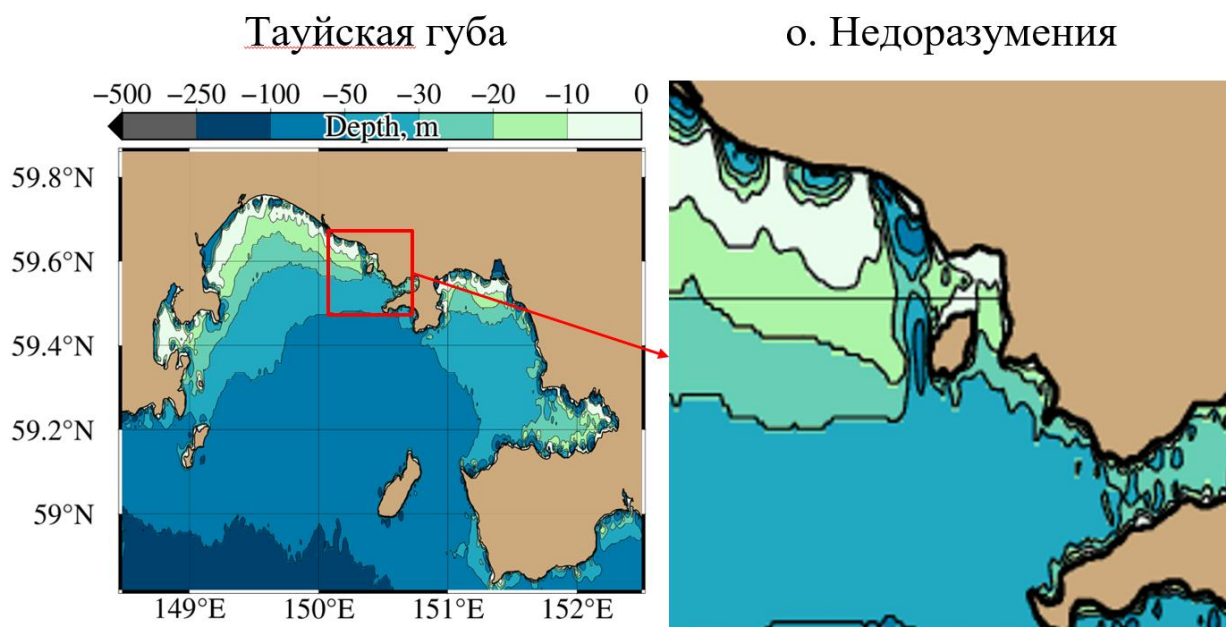


Рис. 3.1 Батиметрическая модель Таймырской губы и острова Недоразумения построенная по базе данным AVISO

Первый участок (обследованный 09.09.2024) имеет плавный уклон до 6-метровой глубины на расстоянии 57 м от берега, за которым следует резкий склон крутизной местами до 45° (рис. 3.2). Геоморфологическая характеристика исследуемого участка соответствует валунно-каменистому типу ландшафта, где размерный диапазон валунов (20-170 см в диаметре) формирует сложную систему микробиотопов, обеспечивающих эффективные укрытия для различных представителей зообентоса.

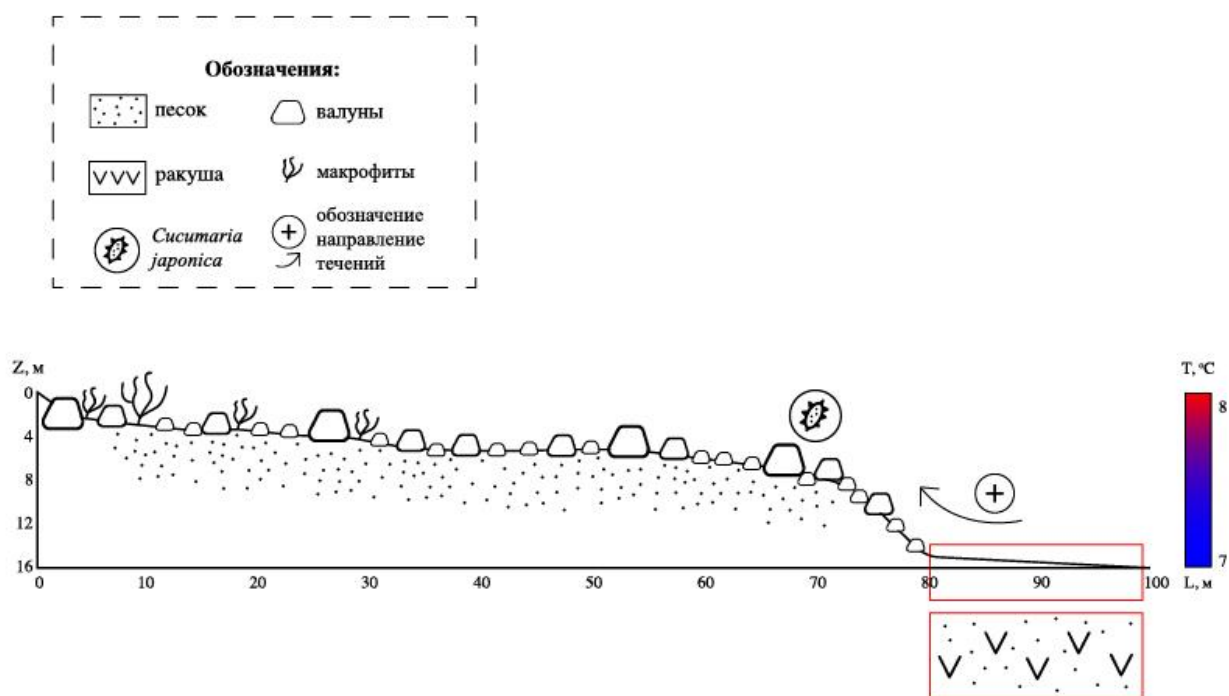


Рисунок 3.2 Схематическое изображение рельефа дна, типа донного ландшафта и наиболее численного исследуемого представителя зообентоса на полигоне №1.

В ходе исследований на данном участке были идентифицированы все три вида голотурий, описанных ранее (глава 1, параграф 1.2), а также молодь зеленого морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* и крабоид *Harpalogaster grebnitzkii* (Подкаменщик Гребницкого). Являясь промысловым видом, а также объектом исследования, особый интерес представляет пространственное распределение кукумарии японской *Cucumaria japonica*, которая, демонстрирует четкую приуроченность к склоновому участку, аналогично другим представителям голотурий, обнаруженных в акватории. Максимальная концентрация морских огурцов была зафиксирована в пределах четко ограниченной зоны (рис. 3.2), характеризующейся следующими параметрами: удаление от береговой линии 57-80 м при глубинах 6-15 м.

В день проведения водолазных исследований был зарегистрирован термический градиент водной толщи: поверхностные слои характеризовались температурой 9°C, которая плавно снижалась с глубиной, достигая 8°C в придонных горизонтах (рис. 3.3). Такое распределение температурных показателей свидетельствует о начале сезонной стратификации водной массы, характерной для данного периода года.

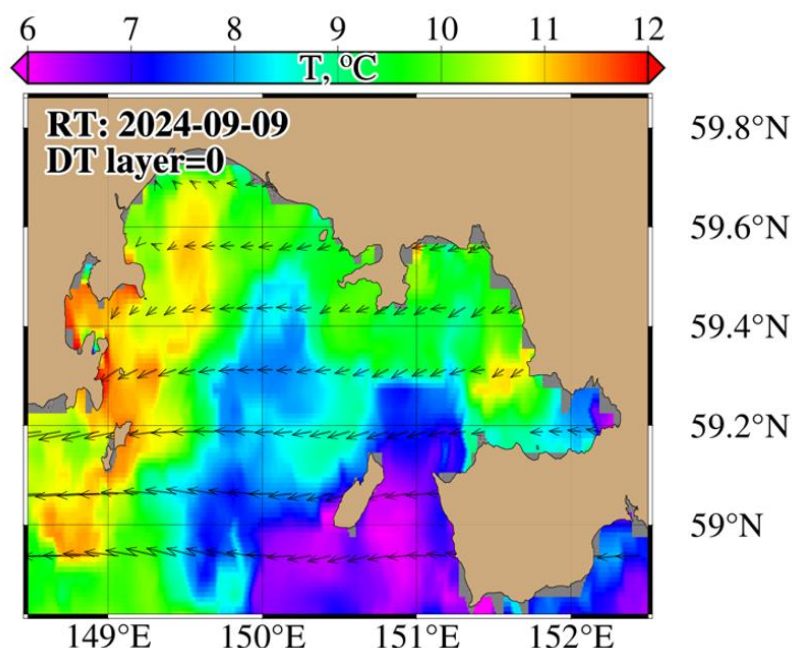


Рисунок 3.3 Модель температуры поверхности океана в Тауйской губе по базам данным AVISO на момент 09.09.2024.

Поверхностные течения в районе исследований, согласно данным моделей GLORYS и HYCOM, характеризуются устойчивым северо-западным направлением (рис. 3.4).

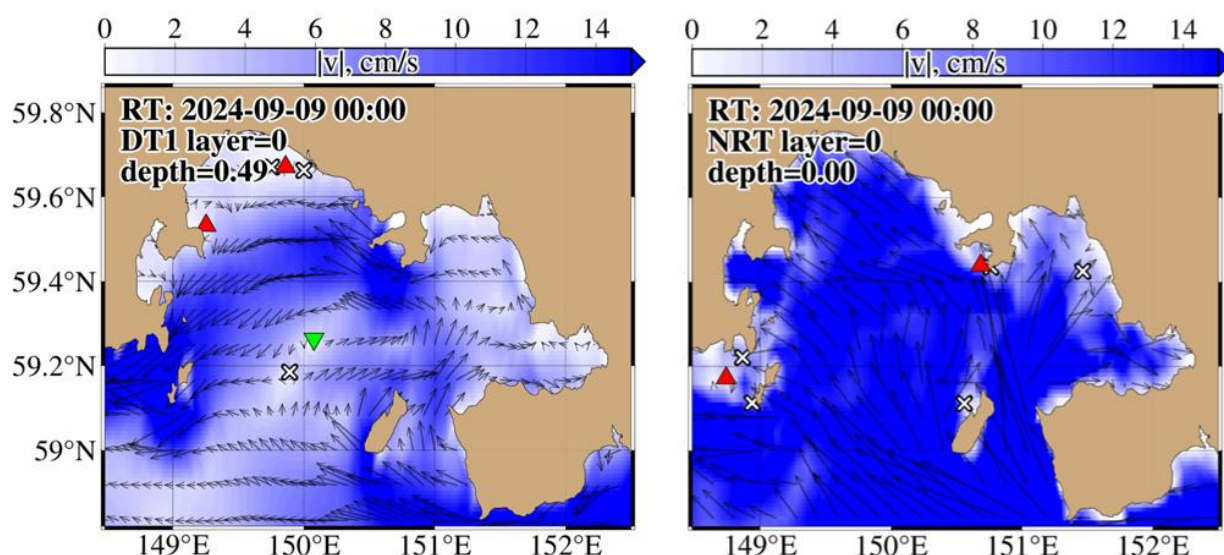


Рисунок 3.4 Модели поверхностных течений в Тауйской губе построенные по базам данным GLORYS и HYCOM соответственно.

Под действием силы Кориолиса эти течения обеспечивают приток водных масс из открытой части моря к восточной части острова, которые, взаимодействуя с подводным склоном, создают зону интенсивной динамики. Столкновение течений с батиметрическими препятствиями приводит к вертикальному подъему воды и переносимых взвешенных частиц.

Голотурии, относящиеся к сестонофагам, питаются взвешенными органическими и неорганическими частицами, что делает склоновые участки восточной части о-ва Недоразумения с выраженной гидродинамической активностью оптимальными местообитаниями для *Cuscutaria japonica* и других видов голотурий. В таких условиях постоянный перенос течением пищевых ресурсов в сочетании с наличием валунных образований, обеспечивающих защитные укрытия, создаёт благоприятный экологический режим для их жизнедеятельности и успешного существования популяций.

Второй исследуемый участок (13.09.2024) характеризуется выраженной выположенностью подводного рельефа, с крайне незначительным углублением

до 4,5 м на дистанции 250 м от берега, что соответствует среднему углу наклона дна менее 1°. Геоморфологическая характеристика участка соответствует песчаным и мелкогалечному типу донных ландшафтов, формирующих выровненные платообразные структуры с преобладанием мелкофракционных осадков.

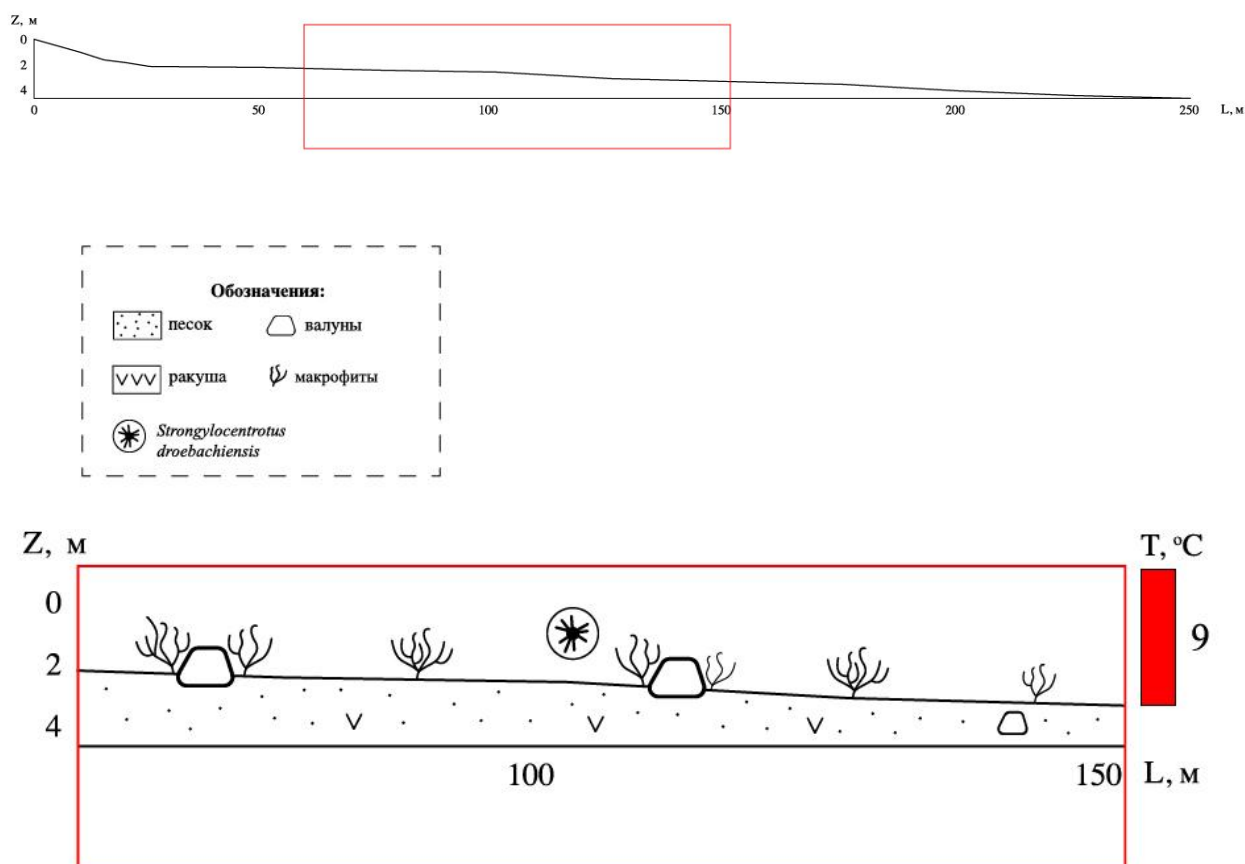


Рисунок 3.5 Схематическое изображение рельефа дна, типа донного ландшафта и наиболее численного исследуемого представителя зообентоса на полигоне №2.

В ходе проведенных исследований на полигоне номер 2 были зарегистрированы следующие представители зообентоса: морской зеленый ёж *Strongylocentrotus droebachiensis*, пятиугольный волосатый краб *Telmessus cheiragonus* и плоский щитообразный ёж *Echinarachinus parma*, встречающиеся практически повсеместно, а также колонии тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus*, приуроченные к прибрежным скальным выходам и их обломкам. При этом в ходе визуальных наблюдений и анализа видеоматериалов не было обнаружено присутствия крабоидов *Paralithodes platypus* и *Paralithodes brevipes*, голотурий и офиур. Хотя на видеозаписях отмечалась единичная особь, морфологически схожая с *Cucumaria japonica*, ее достоверная идентификация оказалась невозможной ввиду недостаточной четкости изображения и ограниченного времени наблюдения.

Гидрологические и батиметрические особенности полигона номер 2, характеризующегося выположенным рельефом дна и ослабленной гидродинамической активностью, создают уникальные условия для формирования устойчивого термического режима с равномерным прогревом всей водной толщи. Такие параметры среды обеспечивают оптимальные условия для развития богатых сообществ макрофитов, которые, в свою очередь, выступают ключевым экологическим ресурсом для всеядных и малоподвижных видов, в частности морского зеленого ежа *Strongylocentrotus droebachiensis*. Макрофиты выполняют двойную функцию: служат постоянным источником трофических ресурсов и создают сложную пространственную структуру, предоставляющую многочисленные укрытия, что в совокупности способствует поддержанию высокой плотности популяций бентосных организмов на данном участке.

Согласно натурным измерениям, проведённым 13 сентября, температура водной среды составляла +9°C. Данный показатель отражает типичный для данного сезона термический режим, характерный для переходного периода между летним прогревом и осенним охлаждением водных масс. Наиболее

точные результаты были получены при использовании моделей, основанных на данных HYCOM и AVISO, которые продемонстрировали схожесть с натурными наблюдениями (рис. 3.6).

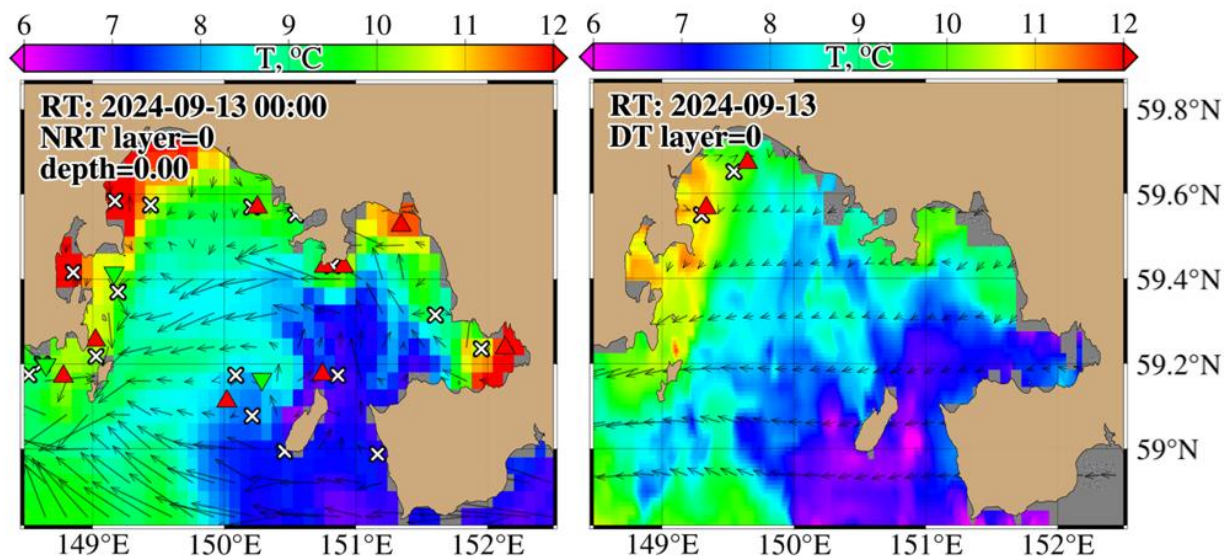


Рисунок 3.6 Модели температуры поверхности океана в Тауйской губе на момент 13.09.2024 по базам данным HYCOM и AVISO соответственно.

Проведенные исследования выявили значительную вариабельность плотности скоплений морского зеленого ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* на изучаемом участке, варьирующую в диапазоне 6-48 экз./м², при этом преобладающий размер особей (5-7 см в диаметре) соответствует промысловой размерной группе. Такие количественные и размерно-возрастные характеристики популяции свидетельствуют о высоком промысловом потенциале данного биотопа, поскольку сочетание оптимальной плотности поселения с преобладанием особей товарного размера создает благоприятные условия для организации рационального промысла.

Рельеф дна **третьего участка** (обследованный 12.09.2024) характеризуется плавным увеличением глубины по мере удаления от берега: на

расстоянии от 0 до 20 метров глубина возрастает с 0 до 5–10 метров, что указывает на пологий прибрежный склон. Далее, от 20 до 50 метров от берега, уклон становится более выраженным — глубина достигает 15–20 метров, а на удалении 50–80 метров наблюдается резкое понижение до 25 метров, что может соответствовать переходу в глубоководную зону с крутым свалом. Рельеф равномерный, без резких перепадов. Таким образом, проведенный анализ батиметрических данных подтверждает, что полигон под номером 3 характеризуется наибольшими глубинами среди всех исследованных участков, что согласуется с батиметрической моделью (рис. 3.1) Тауйской губы. По геоморфологическим характеристикам данный участок преимущественно представлен скальными выходами и их обломочными фрагментами, с локальными включениями песчано-галечных плато. (рис. 3.7).

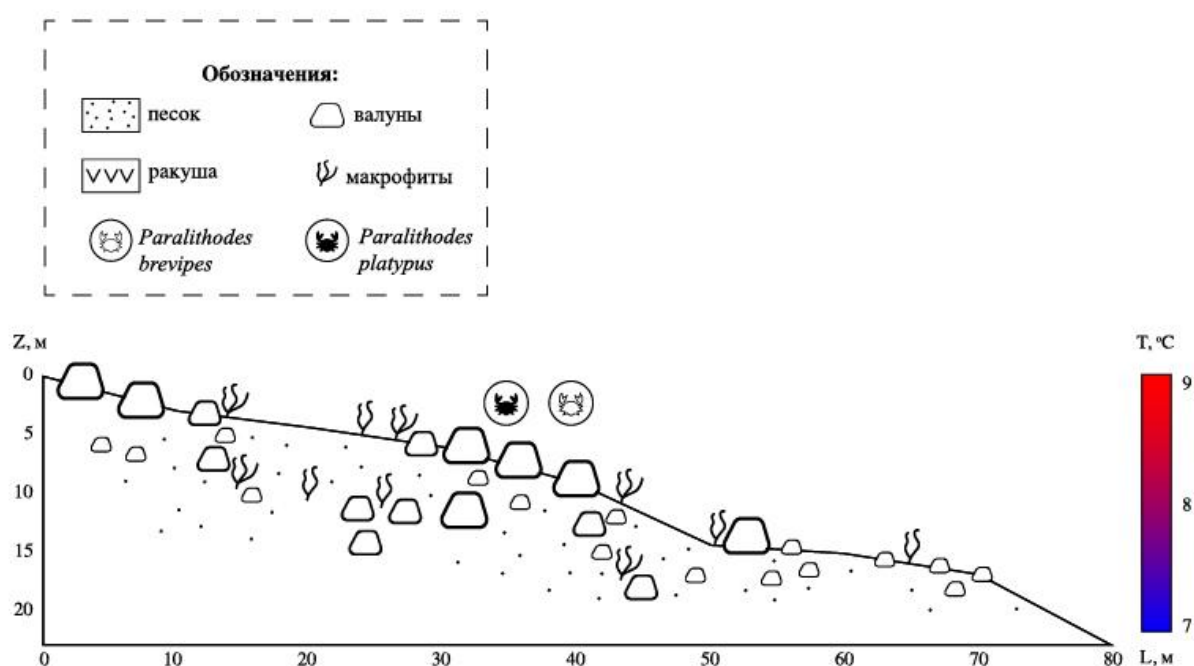


Рисунок 3.7 Схематическое изображение рельефа дна, типа донного ландшафта и наиболее численного исследуемого представителя зообентоса на полигоне №1.

В ходе исследований на данном участке были зарегистрированы значительные скопления двух промысловых видов крабов - синего *Paralithodes platypus* и колючего *Paralithodes brevipes*, а также обильное количество офиур, представленных видами *Ophiura sarsii*, *Ophiopholis aculeata* и *Ophiocten maculata*. Кроме того, в донных сообществах присутствовал крабоид подкаменщик Гребницкого *Hapalogaster grebnitzkii* и немногочисленные особи зеленого морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis*. Исследуемыми видами в полигоне номер 3 являются зеленые морские ежи и все найденные крабоиды за исключением *Hapalogaster grebnitzkii*.

На исследуемом участке наблюдается характерный отрицательный температурный градиент, при котором значения температуры воды демонстрируют устойчивое снижение с 9°C на поверхности до 7°C у дна по мере увеличения глубины. Анализ гидродинамических условий показал, что на полигоне 3 наблюдается значительное ослабление динамических процессов водной среды, что объясняется его географической позицией в области минимального воздействия доминирующих северо-восточных течений (рис. 3.8).

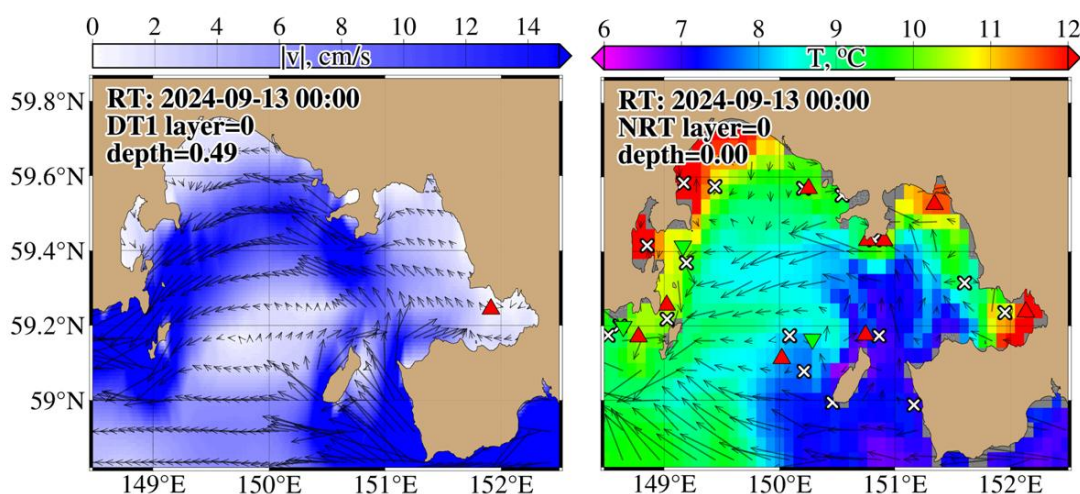


Рисунок 3.8 Модель поверхностных течений и температуры поверхности океана в Тауйской губе на момент 12.09.2024 по базам данным GLORYS и HYCOM соответственно.

Сравнительный анализ выявил достоверное количественное преобладание колючего краба *Paralithodes brevipes* над синим крабом *Paralithodes platypus* в исследуемой акватории, что свидетельствует о его относительном экологическом доминировании в условиях данного биотопа. Проведенные исследования зафиксировали различия в пространственном распределении изучаемых видов крабов в период наблюдений: особи *Paralithodes brevipes* преимущественно отмечались в валунных укрытиях различного размера, в то время как *Paralithodes platypus* чаще встречался среди макрофитов, хотя отдельные экземпляры этого вида также обнаруживались среди валунных отложений. Полученные данные отражают ситуацию, сложившуюся на момент исследования, и не позволяют делать выводы об устойчивых пространственных предпочтениях видов на полигоне номер 3.

Результаты исследования позволяют выдвинуть гипотезу о преимущественной зависимости пространственного распределения крабоидов (*Paralithodes brevipes* и *Paralithodes platypus*) от особенностей донного рельефа и типа субстрата, в отличие от термических и гидрологических параметров среды. Наблюдаемые особенности распределения свидетельствуют о выраженной связи микробиотопического выбора этих видов со структурными компонентами бентали, что может указывать на их ключевую роль в организации крабовых сообществ. Однако для верификации этой гипотезы и определения относительного вклада различных экологических факторов требуются дополнительные исследования, включающие количественную оценку влияния абиотических параметров на пространственную структуру популяций.

Заключение

Настоящее исследование посвящено анализу экологических особенностей четырех ключевых промысловых видов мегазообентоса: зеленого морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis*, кукумарии японской *Cucumaria japonica*, синего краба *Paralithode platypus* и колючего краба *Paralithodes brevipes*. Для эффективного промысла этих гидробионтов, осуществляемого как ловушками, так и методом водолазного сбора, принципиальное значение имеют детальные знания об условиях их обитания, включая параметры водной среды, морфологические характеристики донного рельефа и особенности донных отложений, поскольку именно эти факторы определяют пространственное распределение и формирование промысловых скоплений данных видов.

В заключение сформулируем главные выводы:

1. Настоящее исследование базируется на оригинальных натурных данных, собранных в ходе экспедиционных работ в сентябре 2024 года, дополненных гидрологическими характеристиками, полученными из авторитетных открытых источников - баз данных AVISO, HYCOM и GLORYS. Такой комплексный подход, сочетающий непосредственные полевые

наблюдения с современными модельными и спутниковыми данными, обеспечивает описание океанографических условий исследуемого периода.

2. Проведенные исследования выявили четкую пространственную приуроченность скоплений морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* к участкам с преобладанием песчано-галечных плато, которые доминируют на полигоне номер 2. Данный тип донного рельефа создает оптимальные условия для развития богатых сообществ макрофитов, выполняющих ключевую роль в экологии этого вида: обеспечивая обильную кормовую базу для его малоподвижного образа жизни и формируя сложную микротопографию, способствующую эффективной защите от хищников. Дополнительным благоприятным фактором выступает термический режим данного биотопа, характеризующийся устойчивым прогревом водных масс на мелководье, температура во всей толще воды составляло 9°C, что способствует поддержанию оптимальных физиологических условий для жизнедеятельности популяции.

3. Голотурии, несмотря на свой малоподвижный образ жизни, демонстрируют выраженную экологическую зависимость от гидродинамических условий, обеспечивающих необходимую вентиляцию водных масс и постоянный приток взвешенного органического вещества, служащего их основным пищевым ресурсом. Проведенные исследования позволяют предположить, что полигон под номером 1 полностью соответствует этим требованиям, о чем свидетельствуют зафиксированные здесь динамические характеристики водной среды. Средние скорости течений составили 10-12 см/с. Благоприятные условия дополнительно подкрепляются спецификой донного ландшафта - валунно-каменистые гряды, характерные для данного участка, создают оптимальный субстрат для прикрепления, защиты и обеспечивают комплекс микробиотопов, способствующих успешному существованию этих представителей зообентоса.

4. Крабы, несмотря на свою способность к активному перемещению по донной поверхности, демонстрируют выраженную избирательность в отношении типов субстратов, формируя наиболее плотные скопления на валунно-каменистых грядках и песчано-галечных плато, что было зафиксировано на полигоне под номером 3. В отличие от других изученных видов, их пространственное распределение в данном сезоне и акватории показало меньшую зависимость от термических и динамических характеристик водной среды, что свидетельствует о преобладающей роли субстратных предпочтений над гидрологическими факторами в формировании их скоплений.

5. Исследования, направленные на изучение влияния рельефа дна, характеристик донных отложений и гидрологических параметров на пространственное распределение и плотность скоплений гидробионтов, представляют значительный научный и практический интерес для широкого круга специалистов. Полученные данные имеют существенную ценность для исследователей научных институтов, сотрудников Росрыболовства, а также для представителей смежных дисциплин - океанологов, морских геологов и ихтиологов, поскольку позволяют установить ключевые закономерности формирования промысловых скоплений и разработать научно обоснованные подходы к управлению морскими биоресурсами.

Список использованных источников

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. В 10 т. Т.: Охотское море / Дальневосточный научно-исследовательский гидрометеорологический институт; Ком. рыб. хоз-ва при Мин-ве сел. хоз-ва Рос. Федерации, Тихоокеанский НИИ мор. рыб. хоз-ва и океанографии; [Б.М. Затучная, Л.Б. Друмева, А.Г. Цыцарин и др.]; под ред. к.г.н. Ф.С. Терзиева [и др.]. — 1993. — 168 с.
2. Белый М.Н. Промысловые водоросли северной части Охотского моря: видовой состав, биологическая характеристика, распределение и оценка запасов // Состояние и перспективы рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря: сборник научных трудов / МагаданНИРО. – Магадан, 2001. – Вып. 1. – 9–16 с.
3. Жигалов И.А., Матвеев В.И. Пространственная структура поверхностных вод Охотского моря // Океанологические основы биологической продуктивности северо-западной части Тихого океана: сборник научных трудов / ТИНРО. — Владивосток, 1992. — С. 40–46.
4. Хен Г.В., Ванин Н.С., Фигуркин А.Л. Особенности гидрологических условий в северной части Охотского моря во второй половине 90-х гг. // Известия ТИНРО. — 2002. — Т. 130, № 1. — С. 24–43. — ISSN 1606-9919.
5. Моря России - Охотское море [Электронный ресурс] // География России. - URL: <https://geographyofrussia.com/morya-rossii-oxotskoe-more/> (дата обращения: 31.05.2024).
6. Надточий В.А., Будникова Л.Л., Безруков Р.Г. Некоторые результаты бонитировки бентоса в российских водах дальневосточных морей: состав и количественное распределение (Охотское море) // Известия ТИНРО. — 2007. — 310 - 337 с.

7. Явнов С.В. Атлас иглокожих и асцидий дальневосточных морей России / под ред. В.А. Ракова. – Владивосток: Русский Остров, 2010. – 176 с. – ISBN 978-5-93577-051-8.
8. Дуленина П.А., Поваров А.Ю. Кукумария японская (*Cucumaria japonica*, Semper, 1868) – перспективный промысловый вид в северо-западной части Татарского пролива (Японское море) // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции. – 2022. – № XIII. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kukumariya-yaponskaya-cucumaria-japonica-semper-1868-perspektivnyy-promyslovyy-vid-v-severo-zapadnoy-chasti-tatarskogo-proлива> (дата обращения: 31.05.2025).
9. Класс *Holothuroidea* [Электронный ресурс] // Мировой реестр морских видов (*World Register of Marine Species*). – URL: <https://www.marinespecies.org> (дата обращения: 31.05.2025).
10. Баранова З.И. Класс Морские кубышки, или Морские огурцы (*Holothuroidea*) // Жизнь животных: в 7 т. / гл. ред. В.Е. Соколов. – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1988. – Т. 2: Моллюски. Иглокожие. Погонофоры. Щетинкочелюстные. Полухордовые. Хордовые. Членистоногие. Ракообразные / под ред. Р.К. Пастернак. – С. 171–188. – 447 с.: ил. – ISBN 5-09-000445-5.
11. Вестхайде В., Ригер Р. От артропод до иглокожих и хордовых // Зоология беспозвоночных = *Spezielle Zoologie. Teil 1: Einzeller und Wirbellose Tiere* / пер. с нем. О.Н. Бёллинг, С.М. Ляпкина, А.В. Михеев, О.Г. Манылов, А.А. Осковский, А.В. Филиппова, А.В. Чесунов; под ред. А.В. Чесунова. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – Т. 2. – 513–935 с. – ISBN 978-5-87317-495-9.
12. Атлас беспозвоночных дальневосточных морей СССР / гл. ред. акад. Е.Н. Павловский. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. — С. 154.

13. Беспозвоночные дальневосточных морей России [Электронный ресурс] // Объединенный совет по техническим наукам. – URL: <https://www.octe.ru/article/729.html> (дата обращения: 31.05.2024).
14. Крабы и крабоиды Дальнего Востока [Электронный ресурс] // Russian Crabs. – URL: http://russian.crabs.ru/crab_list.htm (дата обращения: 31.05.2024).
15. Русяев С.М., Зуев Ю.А., Джантюрк С.С. О видовом составе иглокожих верхней сублиторали острова Недорозумения Тауйской губы Охотского моря // [Биология моря]. — [2025]. —]. — (В редакции, принята к печати)— 8 с.
16. Дьяконов А.М. Определитель иглокожих дальневосточных морей // Известия ТИНРО. 1949. Т. 30. С. 1–127.
17. Ландшафты, климат и природные ресурсы Тауйской губы Охотского моря. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — 525 с.
18. Бекова Н.В. Состав и распределение иглокожих (Echinodermata) на шельфе восточного Сахалина // Известия ТИНРО. — 2006. — Т. 144. — 122–139 с.
19. Голиков, А.Н. Гидробиологические исследования в заливе Посыет с применением водолазной техники / А.Н. Голиков, О.А. Скарлато // Фауна морей северо-западной части Тихого океана: Исследования фауны морей. — 1965. — Т. 3 (11). — 5-19 с.
20. Ландшафты, климат и природные ресурсы Тауйской губы Охотского моря. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — 525 с.