

ИССЛЕДОВАНИЯ БЕНТОСА
В РАЙОНЕ ПИТАНИЯ ОХОТСКО-КОРЕЙСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ
СЕРОГО КИТА В 2001 ГОДУ

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ОТЧЕТ

ПО КОНТРАКТУ Y 00251 **Benthic Study for Whale Environmental Study**

В.И. ФАДЕЕВ

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ МОРЯ ДВО РАН

ВЛАДИВОСТОК

[e-mail: vfadeev@mail.primorye.ru]



Питающийся кит. Район залива Одопту. Глубина 9 м. Август 2001 г. Фото В.И. Фадеева

ВЛАДИВОСТОК
2002

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.....	
1. Материал и методы полевых работ.....	8
2. Лабораторный анализ материалов.....	10
2.1. Анализ гранулометрического состава донных осадков.....	10
2.2. Анализ содержания в донных осадках тяжелых металлов, нефтеуглеводородов и хлорорганических пестицидов	13
2.3. Анализ бентосных проб	16
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.....	
3. Характеристики водной толщи и донных осадков	19
3.1. Распределение температуры и солености воды в период исследований	19
3.2. Гранулометрический состав донных осадков	20
3.3. Классификация станций по сходству гранулометрического состава.....	25
3.4. Гранулометрический состав осадков в местах питания серого кита	31
3.5. Концентрация нефтеуглеводородов, тяжелых металлов и хлорорганических пестицидов в донных осадках	32
4. Состав и количественное распределение бентоса.....	36
4.1. Таксономический состав и видовое богатство макробентоса.....	36
4.2. Количественное обилие и распределение макробентоса.....	40
4.2.1. Распределение биомассы бентоса по всей акватории.....	40
4.2.2. Распределение биомассы бентоса в районах.	43
4.2.3. Распределение биомассы основных таксономических групп и массовых видов бентоса в районах.....	44
4.2.3.1. Биомасса двусторчатых моллюсков (<i>Bivalvia</i>).....	47
4.2.3.2. Биомасса многощетинковых червей (<i>Polychaeta</i>).....	50
4.2.3.3. Биомасса ракообразных (<i>Crustacea</i>)	55
Десятиногие раки (<i>Decapoda</i>)	
Равноногие раки (<i>Isopoda</i>)	
Разноногие раки (<i>Amphipoda</i>).	
Кумовые раки (<i>Cumacea</i>).	
4.2.3.4. Биомасса иглокожих (<i>Echinodermata</i>).....	64
4.2.4. Оценка сходства районов и глубин по суммарной биомассе и калорийности бентоса.....	68
4.2.4.1. Биомасса.....	68
4.2.4.2. Калорийность.....	70
4.2.5. Некоторые замечания по пространственному микрораспределению макробентоса и питанию серых китов	75
4.2.5.1. Агрегированность макробентоса.....	75
4.2.5.2. Возможные дополнительные пищевые объекты.....	76
4.3. Состав и распределение мейобентоса.....	78
4.4. Сравнительный анализ распределения макробентоса в 1992 и 2001 гг.....	86
4.4.1. Гранулометрический состав грунта на станциях в 1992 и 2001 гг....	87
4.4.2. Сравнительный анализ видового состава макробентоса.....	88
4.4.3. Сравнительный анализ пространственного распределения массовых видов макробентоса.....	88
4.4.4. Сравнительный анализ количественного обилия макробентоса.....	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	91
КОММЕНТАРИИ.....	96
БЛАГОДАРНОСТИ.....	100
ЛИТЕРАТУРА.....	102
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	108

СПИСОК РИСУНКОВ В ТЕКСТЕ

- Рис.1. Схема расположения разрезов в 2001 и 1992 гг.
- Рис.2. Местоположение станций (1-60) при равномерном расположении от береговой линии
- Рис.3-6. Распределение температуры и солености поверхностного и придонного слоя воды в период исследований
- Рис.7-11. Распределение фракций донных осадков (в % от веса)
- Рис.12. Распределение энтропийного коэффициента сортировки (H_s) донных осадков
- Рис.13. Распределение групп осадков
- Рис.14. Классификация 60 станций по сходству гранулометрического состава
- Рис.15. Концентрация нефтяных углеводородов (мкг/г. сух. остатка) в донных осадках
- Рис.16. Изменение биомассы 4 таксономических групп макробентоса по глубинам
- Рис.17. Расположение станций и распределение общей суммарной биомассы ($г/м^2$)
- Рис.18. Изменение общей биомассы (B_{sum}) и биомассы основных групп макробентоса в 6 диапазонах глубин (5-10-15-20-25-30 м) в трех районах.
- Рис.19. Соотношений биомасс основных групп бентоса в трех районах (в % от суммарной биомассы бентоса, без учета биомассы плоских ежей)
- Рис.20. Распределение биомассы 4 массовых видов двустворчатых моллюсков по глубинам
- Рис.21. Распределение биомассы ($г/м^2$) двустворчатых моллюсков и их относительной доли (%) в общей биомассе макробентоса.
- Рис.22. Изменение биомассы 4 групп ракообразных по глубинам
- Рис.23. Распределение биомассы массовых видов макробентоса по глубинам
- Рис.24. Распределение биомассы ($г/м^2$) многощетинковых червей и их относительной доли (%) в общей биомассе макробентоса.
- Рис.25. Распределение биомассы ($г/м^2$) ракообразных и их относительной доли (%) в общей биомассе макробентоса.
- Рис.26. Распределение биомассы ($г/м^2$) десятиногих раков и их относительной доли (%) в общей биомассе макробентоса.
- Рис.27. Распределение биомассы ($г/м^2$) изопод и их относительной доли (%) в общей биомассе макробентоса.
- Рис.28. Распределение биомассы ($г/м^2$) амфипод и их относительной доли (%) в общей биомассе макробентоса.
- Рис.29. Изменение биомассы ($г/м^2$) амфипод и кумовых раков по глубине.
- Рис.30. Распределение биомассы ($г/м^2$) кумовых раков и их относительной доли (%) в общей биомассе макробентоса.
- Рис.31. Распределение биомассы ($г/м^2$) плоских ежей *Echinarachnius parma* и их относительной доли (%) в общей биомассе макробентоса.
- Рис.32. Дендрограмма сходства по биомассе таксономических групп бентоса 6 диапазонов глубин в районах
- Рис.33. Соотношение (в %) суммарной биомассы ($г/м^2$) и калорийности ($Ккал/м^2$) таксономических групп в трех районах в зоне песчаных грунтов на 5-15 м
- Рис.34. Изменение по глубине суммарной биомассы (B_{iom} , $г/м^2$), калорийности бентоса (Cal , $кКал/м^2$) и отношения "энергетической эффективности" биомассы ($Cal/Biom$)
- Рис.35. Изменение суммарной калорийности 7 таксономических групп по районам
- Рис.36. Дендрограмма сходства по суммарной калорийности таксономических групп бентоса 6 диапазонов глубин в районах
- Рис.37. Соотношение постоянных и временных компонентов мейобентоса в районе Одопту (разрезы N0, N2)
- Рис.38. Соотношение постоянных и временных компонентов мейобентоса в районе Чайво-Пильтун (разрезы S 1, P2, P4)
- Рис.39. Схема расположения водолазных разрезов в 2001 г. и пространственное распределение серых китов в 1995-2000 гг.

СПИСОК ТАБЛИЦ В ТЕКСТЕ

- Табл. 1. Классификация грунтов, использованная в отчете
- Табл.2. Характеристики групп осадков: количество станций относящихся к группе,

- средняя глубина расположения группы, фракционный состав осадков (% от веса)
- Табл. 3. Гранулометрический состав грунта в точках питания серых китов в августе 2001 г
- Табл. 4. Содержание хлорорганических пестицидов (нг/г) в донных осадках на 10 разрезах
- Табл. 5. Концентрации тяжелых металлов в районе Пильтун - Астохского месторождения по литературным данным
- Табл. 6. Концентрации ДДТ и его метаболитов (Σ ДДТ), α - и γ -изомеров цексахлорцикло-гексана (Σ ГХЦГ) и углеводородов нефти в донных осадках различных районов зал. Петра Великого (Японское море) и исследованной акватории
- Табл. 7. Частота встречаемости видов ($P > 10\%$) макробентоса (по данным количественных сборов)
- Табл. 8. Распределение суммарной биомассы макробентоса (г/м^2) и биомассы таксономических групп по глубинам во всей акватории
- Табл. 9. Распределение суммарной биомассы макробентоса (г/м^2) и биомассы таксономических групп по глубинам в южном районе
- Табл. 10. Распределение суммарной биомассы макробентоса (г/м^2) и биомассы таксономических групп по глубинам в среднем районе
- Табл. 11. Распределение суммарной биомассы макробентоса (г/м^2) и биомассы таксономических групп по глубинам в северном районе
- Табл. 12. Средний вес особей амфипод (Am), изопод (Is) и кумовых раков (Cu)
- Табл. 13. Значения индекса агрегированности для массовых видов макробентоса
- Табл. 14. Количественные характеристики мейобентоса в районе зал. Чайво - зал. Пильтун
- Табл. 15. Количественные характеристики мейобентоса в районе зал. Одопту

СПИСОК ФОТОГРАФИЙ В ТЕКСТЕ

- Фото 1. Водолазный дночерпатель.
- Фото 2. Пустые трубки полихет *Onuphis shirikishinaiensis*. Длина трубок 3-4 см.
- Фото 3. Фауна, приуроченная к трубчатым матам *Onuphis shirikishinaiensis*
- Фото 4. Кумовые раки *Diastylis bidentata*
- Фото 5. Молодь плоских ежей в пробе с глубины 5 м
- Фото 6. Соотношение массы плоских ежей и ракообразных (амфиподы, изоподы), эквивалентной 100 Ккал
- Фото 7. Крупные изоподы *Saduria entomon* и молодь крабов *Hyas coarctatus* в эпибентосной пробе
- Фото 8. Песчанка *Ammodytes hexapterus* в бентосной пробе

СПИСОК ПРИЛОЖЕНИЙ

- Приложение 1. Реестр проб.
- Приложение 2. Температура и соленость поверхностного и придонного слоя воды.
- Приложение 3. Гранулометрический состав донных осадков.
- Приложение 4. Концентрация НУ и 10 ТМ в донных осадках.
- Приложение 5. Таксономический список бентосных и нектобентосных видов, обнаруженных в районе исследований
- Приложение 6. Количественные характеристики макробентоса на отдельных станциях.
- Приложение 7. Количественные характеристики мейобентоса на отдельных станциях.
- Приложение 8. Статистические показатели и гistogramмы распределения размерного состава массовых видов амфипод.
- Приложение А. Карта обнаружения серых китов в 1995-1999 гг.
- Приложение В. Карта обнаружения серых китов во время фотоидентификационных исследований (июнь - сентябрь 2000 г.).
- Приложение С. Рабочие моменты экспедиции (Фото С1 – С10).
- Приложение D. Фотографии питающихся китов (Фото D1 – D3).

ВВЕДЕНИЕ

Общие сведения¹. Известно, что в Тихом океане обитают две самостоятельные популяции [81] серого кита (*Eschrichtius robustus*): восточная или калифорнийско-чукотская популяция, достигающая в настоящее время численности до 25 тыс. особей, и западно-тихоокеанская или охотско-корейская с численностью около 100 особей.

После прекращения промысла в 40-х годах восточная популяция серого кита полностью восстановила численность. Несмотря на то, что в 1999 году в калифорнийско-чукотской популяции отмечалось увеличение смертности, низкая рождаемость и ухудшение физического состояния части особей, она находится в достаточно стабильном состоянии за счет высокой численности [82].

В отличие от восточной, охотско-корейская популяция серого кита никогда не была многочисленной и по оценкам специалистов на пике численности не превышала 2 – 2,5 тыс. особей. Многолетний китобойный промысел поставил ее на грань практического исчезновения и лишь в начале 70-х годов серые киты стали отмечаться у северо-восточного Сахалина [83]. При этом 40-летний запрет на промысел (с 60-х годов) не привел к существенному восстановлению популяции. По оптимистическим оценкам ее численность составляет от 100 до 250 особей, однако большинство исследователей оценивают численность не более 100 особей [20, 26, 74, 78, 79, 84]. Высказываются предположения, что осталось менее 50 особей способных к репродукции [74]. Низкие темпы воспроизводства и низкая общая численность охотско-корейской популяции серого кита обусловили включение этого вида в I категорию Списка угрожаемых видов животных МСОП (International List of Protected Species (IUCN)) и Красную книгу России (Russian Red Book) [20, 84].

Активизация в середине 90-х годов хозяйственной деятельности на шельфе Восточного Сахалина, связанная с развитием морского нефтегазового комплекса, поставила задачи всестороннего исследования западно-тихоокеанской популяции серого кита для оценки возможного антропогенного воздействия на нее и разработки подходов к минимизации влияния негативных факторов [84, 85]. В частности в развитие совместного заявления Комиссии Гора-Черномырдина «О мерах по

¹ Учитывая, что история изучения бентоса, данные по его распределению в районе Восточного Сахалина и питанию калифорнийско-чукотской популяции серого кита детально проанализированы и обобщены в отчете: Кусакин О.Г., Соболевский Е.И., Блохин С.А. 2001. Литературный обзор бентосных работ на шельфе северо-восточного Сахалина // Промежуточный отчет ИБМ ДВО РАН и ТИНРО. Владивосток. 89 с., мы не ставили задачу обзора литературы по этим вопросам в данном разделе. Литературные данные будут привлекаться нами при обсуждении полученных результатов и в др. необходимых случаях. Тем более, что отчет [Кусакин и др., 2001] доступен на сайте: www.sakhalinenergy.com

обеспечению сохранения биоразнообразия в районе острова Сахалин» от 7 февраля 1997 г. в связи с освоением на шельфе острова нефтегазовых месторождений, российской и американской сторонами была в 1998 г. подготовлена совместная «Программа мониторинга и изучения охотско-корейской популяции серых китов», утвержденная Госкомэкологией России и Службой рыбы и природных ресурсов США [74]. В ней предполагалось проведение комплексных исследований охотско-корейской популяции в период нагула у Восточного Сахалина: учет численности и распределения китов, акустические исследования и изучение бентоса, как основного компонента в питании серых китов.

В течение нескольких лет с применением различных методик (авиаучеты, наблюдения с судов, визуальные учеты с берега, фотоидентификация особей) накоплен обширный материал по численности, пространственному распределению и поведению серых китов в прибрежной зоне северо-восточного Сахалина [20, 21, 26, 74-79]. В частности исследователями отмечается:

- высокий уровень ежегодного возвращения большинства китов для нагула в прибрежные воды северо-восточного Сахалина и их приуроченность к достаточно локальному району побережья,
- район нагула (набольшей встречаемости питающихся китов) охватывает акваторию, прилегающую к зал. Пильтун (Приложение А, В; рис.39); южнее и севернее этого района питающиеся киты отмечались единично,
- основная часть питающихся китов отмечена на глубинах до 15-20 м; глубже питающиеся киты отмечались единично,
- в более чем 95% случаев питающиеся киты обнаруживались на удалении до 5 км от береговой линии; на расстоянии более 15 км от берега - единично.

В 1999-2000 г. исследователями зафиксированы определенные изменения в распределении питающихся китов (они стали активнее проникать из традиционного района нагула в более северные участки) и их физическом состоянии (отмечены киты с признаками дистрофии) [74, 84]. Наиболее часто в качестве возможных причин ухудшения физического состояния рассматриваются следующие [84]:

- возникновение заболеваний;
- резкие изменения в метаболизме под влиянием стресса, вызванного длительным влиянием антропогенных факторов, таких как подводный шум;
- сокращение кормовой базы, вызванное природными или антропогенными факторами;

Уход китов в более северные воды может объясняться "естественными колебаниями распределения и доступности корма. Однако не исключено, что эти изменения вызваны влиянием промышленной деятельности на биомассу бентоса в регионе или уходом китов из областей, в которых наблюдается сильный антропогенный шум, т.е. с юга их основной кормовой базы" [84].

Как видим, во всех случаях одной из причин неблагоприятных изменений предполагаются изменения в бентосе, т.е. в кормовой базе западно-тихоокеанского серого кита.

Целью данного исследования являлось изучение количественного распределения и состояния бентоса как в зоне нагула серых китов, так и в прилегающих к ней участках. Работа выполнялась в рамках «Программы мониторинга и изучения охотско-корейской популяции серых китов», финансируемой Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд. и Эксон Нефтегаз Лтд.

Задачи исследования. Настоящий отчет составлен по результатам водолазных бентосных исследований, проведенных в августе 2001 года экспедицией Института биологии моря ДВО РАН по контракту **Y 00251 Benthic Study for Whale Environmental Study**.

Задачи исследования определены техническим заданием к контракту, разработанным специалистами Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд. и Эксон Нефтегаз Лтд. :

- провести бентосные исследования на 10 трансектах в диапазоне глубин от 5 до 30 м с применением водолазных методов и дночерпательных сборов. Трансекты должны охватывать традиционный район нагула серых китов и участки, расположенные южнее и севернее района нагула,
- в результате анализа сборов макробентоса должна быть получена информация по видовому составу и количественному обилию (плотность поселения, биомасса) отдельных таксономических групп и массовых видов бентоса; оценить состав и обилие макробентоса в районе нагула китов и в участках вне зоны нагула,
- изучить таксономический состав мейобентоса, определить количественное обилие в мейобентосе личинок макробентосных животных; оценить характер пополнения личинками сообществ макробентоса,
- сравнить результаты исследований 2001 года с данными экспедиционных работ 1992 года; оценить многолетние изменения состава и количественных характеристик макробентоса,
- получить данные по гранулометрическому составу осадков и содержанию в грунте нефтеуглеводородов и 10 тяжелых металлов. Дополнительно к техническому заданию отобраны образцы для определения хлорорганических пестицидов.

При планировании расположения водолазных трансект исходили из многолетних данных по распределению серых китов в акватории (Приложения А, В). В зоне активного питания и наибольшей численности серых китов было запланировано и выполнено 4 разреза (P1-P4 по рис. 1). Севернее зал. Пильтун выполнено 3 разреза (N0-N2). Севернее разреза N2 серые киты не регистрировались. 3 разреза выполнены южнее зал. Пильтун. На участке между разрезами S2-S0 питающиеся серые киты не регистрировались. Местоположение 4 разрезов (S0, P4, N2, N0) совпадает с разрезами, выполненными в 1992 году. Исследованный участок охватывает акваторию от зал. Ныйский на юге до зал. Тронт на севере (рис. 1).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

1. Материал и методы полевых работ

Организация работ. Работы по водолазному сбору бентоса в районах обитания и питания серого кита выполнены экспедиционной группой Института биологии моря в рамках экспедиции на НИСП "Океан" в августе 2001 года. Экспедиционная группа состояла из 8 человек (водолазы-профессионалы – 2, водолазы-гидробиологи – 3, научные сотрудники – 1, инженерно-технические сотрудники – 1, водолазный врач-физиолог – 1). Схема разрезов представлена на рис.1. В районе исследований сделано 10 разрезов (4 разреза соответствуют разрезам, выполненным в 1992 году).

Сроки проведения работ. Водолазные работы проводились с 3 по 7 августа и с 12 по 20 августа (14 рабочих дней). Перерыв в выполнении экспедиционных работ обусловлен неблагоприятными погодными условиями. Водолазные погружения выполнялись два раза в сутки.

Методика проведения работ. Методика сбора полевых материалов соответствовала методам, предложенным ИБМ в Технических предложениях (TECHNICAL PROPOSAL, Invitation to Tender) и рекомендованным Компанией (Letter of Intent to Award). Основные методические подходы к проведению подводных гидробиологических работ описаны ранее [1,2].

Водолазные работы осуществлялись с борта катера "Zodiac" и водолазного мотобота*. Местоположение станции фиксировалось спутниковым навигатором GPS, глубина – эхолотом HUMMINBIRD WIDE 150 SXM. На станции измеряли поверхностную и придонную температуру и соленость воды зондом MultiLine P4. Станции выполнялись на стандартных глубинах: 5, 10, 15, 20, 25 и 30 метров. На станции водолаз отбирал 3 пробы водолазным зубчатым дночерпателем* (площадь захвата 0,025 м²; Фото 1) для учета *инфауны*, крупные формы *эпибентоса* собирались с 5 рамок площадью по 1 м². Для изучения состава и количества *мейобентоса* (животные мельче 1 мм) отбиралось 3 пробы трубчатым пробоотборником площадью 10 см². Мейобентос отбирался на 5 разрезах на глубинах 5 и 15 м. Все пробы макробентоса промывались на промывочном станке (нижнее сито – 0,5 мм) и фиксировались 4% формалином.

* Фотографии рабочих моментов экспедиции см. Приложение С (Фото С – С10).

* Водолазный дночерпатель имеет мешок из капронового газа (ячей 0,1 мм), что позволяет использовать его не только для отбора осадка для анализа инфауны, но и в качестве эпибентосной сетки площадью 0,025 м² для учета мелких подвижных форм эпибентоса. Конструкция дночерпателя позволяет заглублять его в осадок даже на плотных песчаных грунтах на глубину 20-25 см. (Фото 1)



Фото 1. Водолазный дночерпатель (площадь захвата $0,025 \text{ м}^2$, мешок – капроновый газ $0,1 \text{ мм}$)

1 - общий вид, 2 - дночерпатель в раскрытом виде, 3 – в закрытом виде, 4 – режущая кромка; А – отбор пробы, В – закрытие дночерпателя перед подъемом на поверхность.

В дальнейшем все пробы были переведены в 75% спирт. Для анализа *гранулометрического состава* грунта, концентрации *тяжелых металлов* и содержания *нефтеуглеводородов* из поверхностного слоя осадка водолаз отбирал пробу с использованием тefлонового трубчатого пробоотборника. Пробы упаковывались в пластиковые пакеты и помещались в холодильную камеру до передачи в лабораторию.

На ряде станций (на глубинах 30 м) в условиях сильных придонных течений водолазный сбор заменен отбором с борта мотобота 3 проб утяжеленной моделью дночерпателя Петерсена (площадь захвата – 0,1 м²). Для оценки уловистости применяемых орудий сбора на 4 станциях выполнен одновременный отбор 6 дночерпательных проб - 3 водолажным дночерпателем и 3 дночерпателем Петерсена.

Характеристика собранного материала. Объем собранного материала представлен в Реестре отбора проб (Приложение 1). В ходе экспедиционных работ выполнено:

Разрезов – 10, станций - 60.

Количество биологических проб: макробентос – 192, мейобентос – 30,

Измерения: соленость – 120, температура – 120.

Пробы грунта для анализа на: гранулометрический состав – 60,

содержание тяжелых металлов – 30, содержание нефтеуглеводородов – 30.

После отмывки от грунта каждая проба фотографировалась цифровым фотоаппаратом – 192 снимка.

Схема разрезов их название и деление исследуемой акватории на районы приведена на рисунке 1.

2. Лабораторный анализ материалов

2.1. Анализ гранулометрического состава донных осадков

Гранулометрический состав донных отложений анализировался в *Проблемной лаборатории шельфа ДВГУ* двумя стандартными российскими методами: ситовым и ареометрическим. В результате анализа определялось процентное содержание в грунте фракций размером: более 10; 10-5; 5-2; 2-1; 1-0.5; 0.5-0.25; 0.25-0.1; 0.1-0.05; 0.05-0.01; 0.01-0.005 и менее 0.005 мм. Предварительно определялась влажность (W) и удельный вес пробы грунта с использованием стандартного российского метода. Затем проба грунта высушивалась и просеивалась через набор сит с размерами отверстий 10, 5, 2, 1 мм. Взвешивались фракции грунта, оставшиеся на

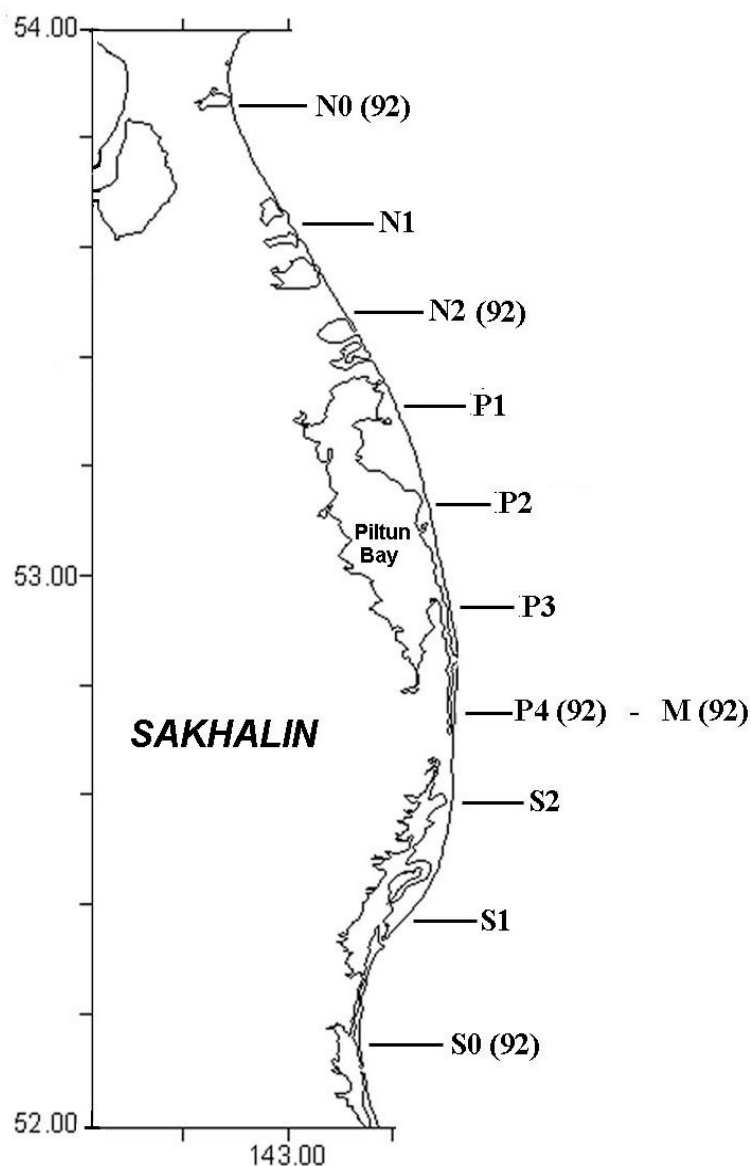


Рис. 1. Схема расположения разрезов в 2001 и 1992 гг.
 (92) – местоположение разрезов в 1992 г.
 Р-4(92) – М(92) - разрез 1992 г. от зал. Пильтун до платформы Моликпак.

Местоположение разреза	Номер разреза	Район
1. Залив Ныйский	S0	Южный
2. Южная часть зал. Чайво	S1	
3. Северная часть зал. Чайво	S2	
4. Южная часть зал. Пильтун	P4	Средний
5. Район маяка зал. Пильтун	P3	
6. Центральная часть зал. Пильтун	P2	
7. Северная часть зал. Пильтун	P1	
8. Залив Одопту	N2	Северный
9. Залив Уркт	N1	
10. Залив Тронт	N0	

ситах и прошедшие через сито с отверстиями 1 мм. Осадок, прошедший через сито с размером отверстий 1 мм, пересыпался в заранее взвешенную фарфоровую чашку и взвешивался. Проба грунта пересыпалась в колбу емкостью 1000 см³ доливалась дистиллированная вода (около 300 мл). Грунт, залитый водой выдерживался 1 сутки. После суточной выдержки в пробу добавлялось 1 см³ 25%-ного раствора аммиака, колба с пробой кипятилась в течение 1 часа и затем охлаждалась до комнатной температуры. Полученная суспензия сливалась в стеклянный цилиндр емкостью 1 л сквозь сито с размером отверстий 0.1 мм. Частицы грунта, оставшиеся на сите с размером отверстий 0.1 мм, высушивались, просеивались через набор сит с размерами отверстий 0.5; 0.25; 0.1 мм и затем взвешивались по отдельности. Суспензия взбалтывалась в течение 1 мин до полного взмучивания осадка со дна цилиндра. Через 1 мин после окончания перемешивания опускался ареометр и определялись его показания для фракции менее 0.05 мм, через 30 мин - для фракции менее 0.01 мм, через 3 часа - для фракции менее 0.005 мм.

Для обозначения типов грунтов использована Классификация осадков по механическому составу (табл. 1).

Таблица 1

Классификация донных осадков, использованная в отчете [3,4]

Группы осадков	Типы осадков	Сокращение в тексте	Размер преобладающих частиц, мм	Md, мм
----------------	--------------	---------------------	---------------------------------	--------

Грубообломочные (псефиты)	Галька	Га	>10	
Грубообломочные (псефиты)	Гравий крупный средний мелкий	Грк Грс Грм	10-5 5-2 2-1	
Песчаные (псамиты)	Пески крупные средние мелкие	Пк Пс Пм	1-0,5 0,5-0,25 0,25-0,1	1-0,5 0,5-0,25 0,25-0,1
Алевритовые (алевриты)	Алевриты крупные Мелкоалевритовые илы	Ак Ам	0,1-0,05 0,05-0,01	0,1-0,05 0,05-0,01
Глинистые (пелиты)	Пелит крупный	Пек	<0,01	0,01-0,005

Примечание: Md, мм – медианный диаметр частиц грунта. Цифры в колонке – диапазон значений для данного типа осадка.

2.2. Анализ содержания в донных осадках тяжелых металлов, нефтеуглеводородов и хлорорганических пестицидов

Анализ содержания в донных осадках *тяжелых металлов, нефтеуглеводородов и пестицидов* проводился в специализированных лабораториях (Лаборатория прикладной экологии и токсикологии ТИНРО-Центра, Лаборатория мониторинга загрязнения морских вод Приморского центра мониторинга загрязнения окружающей среды).

Тяжелые металлы. Измерение концентраций железа, цинка, хрома, меди, свинца проводилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы "Nippon Jarrell Ash" модель AA-855. В качестве атомизатора использовалась однощелевая горелка, в качестве горючей смеси – ацетилен-воздух. Фон корректировался дейтериевой лампой. Чувствительность определения составила (мкг/мл) для железа – 2; цинка – 0,02; меди – 0,005; хрома – 0,02. Концентрации алюминия, бария измерялись с использованием горючей смеси ацетилен-закись азота. Чувствительность определения составила 2 мкг/мл для алюминия, 1 мкг/мл для бария. Концентрации кадмия, свинца, мышьяка определялись на атомно-абсорбционном спектрофотометре "Hitachi" модель 170-70, где атомизатором служила графитовая кювета. Фон корректировался с применением эффекта Зеемана. Чувствительность определения составила (мкг/мл): для кадмия – 0,0002; свинца – 0,005; мышьяка – 0,02. Концентрации ртути определялись беспламенным атомно-абсорбционным методом на микроанализаторе фирмы "Hiranuma" Hg-1. Чувствительность определения составила 0,0001 мкг/мл.

Подготовка проб к атомно-абсорбционному анализу проводилась по методикам, принятым в России, а именно, разработанным Азовским научно-исследовательским институтом рыбного хозяйства (РД-15-229-91 – Cd; РД-15-241-91 – Cu; РД-15-227-91 – As; РД-15-231-91 – Pb; РД-15-228-91 – Cr; РД-15-232-91 – Hg) и заключалась в следующем: пробы донных отложений высушивали при 105°C. 1 г образца, взвешенного с точностью до 0,01 г, переносили в стеклянный стакан и приливали 10 мл концентрированной HNO₃. Выдерживали 24 часа при комнатной температуре, затем добавляли 5 мл бидистиллированной H₂O и нагревали при 120°C в течение 3 ч (стаканчик при этом накрывали часовым стеклом). В охлажденный раствор приливали 3 мл концентрированной HClO₄, смесь подогревали при температуре 180°C до появления паров HCl. Остаток фильтровали и доводили до объема 25 мл бидистиллированной H₂O в мерной колбе. В полученном мине-

рализате определяли кислоторастворимые формы тяжелых металлов (за исключением ртути).

Подготовка проб к определению ртути заключалась в следующем: 1 г тщательно гомогенизированного образца естественной влажности обрабатывали 50%-ной серной кислотой и 6%-ным перманганатом калия с последующим восстановлением ртути двуххлористым оловом в соответствии с методикой, разработанной Азовским научно-исследовательским институтом рыбного хозяйства "Определение общей ртути в донных отложениях методом беспламенной атомной абсорбции", РД-15-226-91.

Лабораторная посуда, используемая в процессе разложения была промыта разбавленной азотной кислотой и три раза промыта бидистиллированной водой.

Концентрации цинка, меди, хрома, железа, бария, кадмия, свинца, мышьяка, алюминия (С, мкг/г) вычислялись по формуле:

$$C = X \cdot V / P, \text{ где}$$

X – содержание определяемого элемента в конечном растворе пробы, мкг/мл;

P – навеска пробы, г (сухой массы).

V – конечный раствор объема пробы, мл.

Концентрация ртути в пробе (С, мкг/г сухой массы) вычислялись по формуле:

$$C = X / P, \text{ где}$$

X – содержание ртути в исследуемой пробе (мкг/г).

P – навеска пробы, г (сухой массы).

По прибытии проб донных отложений они проверялись на возможное загрязнение вследствие нарушения целостности, а также на приемлемость условий пересылки, проверялись на адекватность объема пробы, после чего этикетки проб сверялись с сопроводительной документацией. Характеристики проб заносятся в рабочий журнал. Пробы готовились к анализу в соответствии с ранее описанными методиками. В работе применялись стандартные растворы, приготовленные из стандартных образцов металлов, внесенных в Государственный реестр средств измерений, прошедших государственные испытания ГСО РМ.

Каждый используемый спектрофотометр проходил начальную калибровку в соответствии с указаниями производителя. Перед проведением анализов проб донных отложений проводилась калибровка приборов по трем точкам с проверкой линейности ответных факторов каждого из измеряемых металлов. Относительные стандартные отклонения для начальной калибровки и последующих калибровок находились в пределах от 3 до 5%. Холостые пробы готовились в трехкратной по-

вторности для каждой методики подготовки проб к атомно-абсорбционному определению металлов.

Хлорированные пестициды. Осадки высушивали при 70°C и анализировали на содержание хлорированных углеводородов (*p,p'*-ДДТ, *p,p'*-ДДД и *p,p'*-ДДЕ, α - и γ -изомеры ГХЦГ). Хлорированные углеводороды анализировали методом газожидкостной хроматографии согласно стандартным методикам Российской гидрометеорологической службы [71, 72] на газовом хроматографе ЛСМ-8 со стеклянной колонкой (1м×3 мм, стационарная фаза SE-30, температура колонки 220°C, температура детектора 250°C).

Метод основан на извлечении хлорированных углеводородов смесью органических растворителей (ацетон-гексан), очистке экстрактов серной кислотой и водным раствором сульфита натрия в присутствии тетрабутил-аммоний сульфата (ТБА) и последующем определении их в концентрированном экстракте методом газожидкостной хроматографии. Идентификацию веществ производят по времени удержания по отношению к ДДЕ. Количество вещества рассчитывают по высоте соответствующего пика. При наличии в пробе полихлорированных бифенилов (ПХБ) они отделяются от хлорорганических пестицидов (ХОП) щелочным дегидро-хлорированием (в спиртовом растворе).

Минимально определяемое количество ДДТ, ДДД, ДДЕ - 0.3-0.5 нг/г сухого грунта; α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ -0.1 нг/г сухого грунта.

Нефтяные углеводороды. Осадки высушивали при 70°C и анализировали на общее (валовое) содержание углеводородов нефти (НУ). Нефтеуглеводороды экстрагировали н-гексаном, их содержание определяли методом ИК-спектрофотометрии согласно стандартным методикам Российской гидрометеорологической службы [71, 72].

Метод основан на извлечении НУВ из проб донных отложений щелочным раствором этилового спирта с переводением анализируемого ингредиента в гексан, удалении мешающих соединений сорбцией на оксиде алюминия, смене растворителя на четыреххлористый углерод с последующим измерением содержания нефтяных углеводородов ИКС-методом.

Минимально определяемая масса нефтеуглеводородов - 5 мкг/г сухого грунта.

2.3. Анализ бентосных проб

Лабораторная обработка *макробентоса* состояла в определении видового состава и количественных показателей бентоса в пробе (биомасса и численность каждого вида и отдельных таксономических групп, общая суммарная биомасса и численность макробентоса в пробе). Осуществлялась тотальная выборка животных. Подсчет крупных организмов осуществлялся визуально, мелких - под биноклем МБС-10. Сырой вес крупных организмов бентоса определялся на электронных весах ВЛКТ-100 с точностью до 10 мг, мелких - на торсионных весах с точностью до 1 мг. Перед взвешиванием организмы обсушивались на фильтровальной бумаге в течение одной минуты. После этого биомассу рассчитывали на 1 м² с учетом площади пробоотборника и округляли до 0.01г. С такой же точностью определяли и ошибку средней биомассы. Плотность населения организмов также рассчитывали на 1 м² и округляли до 1.

Для колониальных животных (*Hydroidea*, *Bryozoa*, *Spongia*) подсчитывали число отдельных колоний, при невозможности четкого определения количества колоний (наличие фрагментов нескольких колоний, агрегация колоний и др.) в таблице численность обозначалась знаком «?». Таксономическая обработка сборов осуществлялась квалифицированными специалистами-систематиками*, имеющими многолетний опыт работы с данной группой животных. В случае, когда вид был представлен ювенильными особями (молодыми, не имеющими четких таксономических признаков), т.е. возможность определения видовой принадлежности отсутствует, в названии таксона использовано обозначение – *sp. juv.* В некоторых случаях определить видовую принадлежность особей не удавалось из-за их сильного повреждения, тогда в названии таксона использовали обозначение – *sp.*

Количественные пробы *мейобентоса* промывали через сита и фиксировали 75% спиртом, затем просматривали под биноклем в камере Богорова. Пробы окрашивали бенгальской розой по методике Тиля [5]. Дозировка: на 100 мл воды добавляется 0,5 см³ концентрированного раствора бенгальской розы и 2-3 см³ концентрированного раствора фенола, окраска продолжается 3-4 часа. Осуществлялась тотальная выборка животных. Для деления проб большого объема использовали делитель Численко [6]. Пробу отстаивали в течение 10-15 минут, за-

* В таксономической обработке основных групп макробентоса принимали участие сотрудники ИБМ ДВО РАН: к.б.н. Л.Л. Будникова (амфиподы), к.б.н. М.В. Малютина (изоподы), к.б.н. Г.М. Каменев (двустворчатые моллюски), к.б.н. В.В. Гульбин (брюхоногие моллюски), к.б.н. Э.В. Багавеева (полихеты), к.б.н. С.Ф. Чаплыгина (гидроиды). Пробы мейобентоса были обработаны к.б.н. Н.П. Фадеевой

тем извлекали содержимое 2-3 секторов, просматривали в камере Богорова и производили соответствующий подсчет по группам. По этой выборке делали заключение о количестве организмов во всей пробе. Биомасса основных групп мейобентоса подсчитана путем умножения среднего веса представителя каждой группы (в таблице – Z) на численность. Средний вес животных мейобентоса определяли по номограммам, использовали средний размер и вес особей групп мейобентоса [7]. В соответствии с общепринятой практикой мейобентос разделен на две группы: собственно мейобентос и псевдомейобентос (личинки макробентосных животных).

Для описания сообществ использовали однофакторные, традиционные методы, а также методы многомерного статистического анализа, включающие методы классификации и ординации [8] с использованием статистического пакета Statistica [9]. Первичной основой для выполнения анализа служила четырехугольная матрица данных, представляющая собой перечень видов бентоса для каждой станции с количественной характеристикой видов. На основе матрицы данных рассчитывался коэффициент подобия Брея-Кертиса между каждой парой проб. Построение дендрограмм осуществляли методом средней связи [10, 11].

Для построения карт распределения параметров донных осадков и водной толщи, концентрации загрязняющих веществ и показателей количественного обилия макробентоса использованы стандартные процедуры картографической системы SURFER 7* (Surface Mapping System). Картографическая система использована нами лишь для иллюстрации общего характера распределения параметров по исследованной акватории. Поэтому при расчете изолиний использован метод полиномиальной регрессии (Polynomial Regression) в варианте "простая плоская поверхность" ("Simple planar surface"). Этот метод дает хорошие результаты, когда нужно выявить крупномасштабные тенденции в пространственном распределении данных. Идеология метода детально описана [73]. В целом, процедура отбора, обработки и анализа проб соответствовала российским и зарубежным методикам [12 – 15].

* Необходимо отметить, что использование программы SURFER для анализа распределения параметров осадков и бентоса столкнулось с большими трудностями. Нами исследовался самый прибрежный участок моря, т.е. в масштабе карты все станции на разрезах располагались на расстоянии нескольких мм от береговой линии. Поэтому при использовании этой программы все станции были искусственно расположены на равном удалении друг от друга. Положение станций в системе новых координат показано на **рис. 2**.

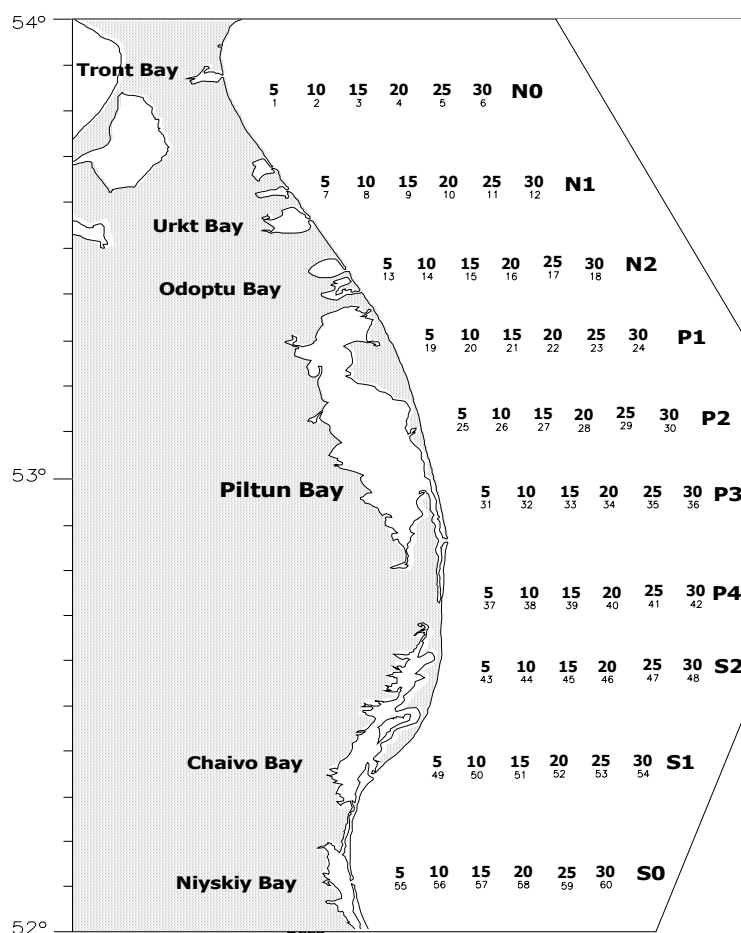


Рис. 2. Местоположение станций (1-60) при равномерном расположении от береговой линии (см. сноску на стр. 15)
Цифры над номерами станций – глубина, м.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3. Характеристики водной толщи и донных осадков

3.1. Распределение температуры и солёности воды в период исследований

Измерения океанографических параметров морской воды на исследованной акватории производились в период с 3 по 7 и с 12 по 19 августа 2001 г. Измеряли температуру и солёность поверхностного и придонного слоя воды. Результаты измерений представлены в Приложении 2, распределение параметров - на рис. 3-6.

Температура и солёность воды. Значения температуры воды на поверхности изменялись в пределах от 16.4°C до 2.1°C. Столь резкие колебания температуры воды могут иметь несколько причин. Как следует из рис. 3 более высокие значения температуры в поверхностном слое воды отмечены в южной и северной частях района. В районе зал. Пильтун на поверхности воды наблюдается обширная зона более холодных вод с выходом на поверхность глубинных вод с температурой 2.1°C. Появление района более холодных вод может быть связано как с существованием постоянного подтока глубинных охлажденных вод, так и с особенностями гидрометеорологической обстановки в период работ. В течение нескольких дней акватория испытывала мощное штормовое воздействие из-за проходящего тайфуна. Сходное распределение имеет температура и в придонном слое воды (рис. 4). Минимальное значение 0.6°C отмечено на глубине 25-30 м в районе зал. Пильтун. Распределение солёности поверхностных и придонных вод (рис. 5-6) показывает, что более теплые поверхностные воды имеют более низкую солёность.

К сожалению, имеющиеся данные по температуре и солёности вод прибрежной зоны зал. Пильтун фрагментарны и не позволяют однозначно оценить устойчивость во времени полученных схем распределения (рис. 3-6). В период исследований значения температуры и солёности не отличались существенно от данных 2000 г. [74, табл. 4] и хорошо согласуются с представлениями о существовании апвеллинга в прибрежной зоне северо-восточного Сахалина [80].

3.2. Гранулометрический состав донных осадков

Исследование гранулометрического состава донных отложений выполнено на основе лабораторных анализов 60 проб грунта, отобранных на всех бентосных

станциях. Гранулометрический состав осадков приведен в Приложении 3. Распределение основных фракций донных осадков (крупный алеврит, песок: мелкий, средний, крупный и мелкий гравий) в акватории представлено на рис. 7-11.

Для донных осадков всей акватории характерно резкое преобладание на большинстве станций песчанистых (псаммитовых) фракций. При этом доля мелкопесчанистой фракции на большинстве станций превышает 60% (максимальное значение – 96%). Средние пески преобладали (более 40-50%) только на 8 станциях на глубинах более 15 метров. Более крупные фракции встречаются лишь в виде примесей к песчаной фракции.

Не смотря на значительный вынос тонкодисперсных фракций осадков из многочисленных прибрежных лагун, доля алевритово-пелитовых фракций в донных отложениях района незначительна (не более 5%). Вероятно, что активная гидродинамика района способствует переносу мелких фракций грунта на большие глубины. Влияние лагун на накопление крупных алевритов прослеживается на рис. 3 в виде двух участков: севернее зал. Одопту и в районе зал. Пильтун - зал. Чайво. Однако доля крупных алевритов не превышает здесь 5% от веса осадка.

Основная площадь дна исследуемого района занята мелкими песками (рис. 8). Мелкие пески распределены вдоль всего исследованного участка на глубинах до 10-15 метров. С увеличением глубины наблюдается плавное снижение доли мелкопесчанистой фракции в грунте. Средние и крупные пески имеют противоположный характер распределения. Их доля в грунте увеличивается с глубиной (рис. 8-10). Гравийные грунты встречаются мозаично на глубинах более 20-25 м. На глубинах до 10 м доля этих грунтов незначительна (рис. 11). При этом можно выделить два участка с относительно высоким содержанием гравийных фракций. Севернее зал. Пильтун – в районе зал. Одопту - зал. Тронт и южнее – в район зал. Ныйский - зал. Чайво на глубинах более 20 м.

На рис. 12 показано пространственное распределение энтропийного коэффициента сортировки – H_s . Расчет энтропийного индекса сортировки осадка производили на основе Индекса видового разнообразия Шеннона-Винера (H) по формуле: $H = -\sum p_i \times (\log_2 p_i)$, где p_i - доля i - фракции в осадке.

Наиболее сортированные осадки залегают в прибрежной зоне района на глубинах до 15 м и представлены мелкими песками. Наименее сортированные - на глубинах более 15-20 м в участках крупного песка с примесью мелкого гравия.

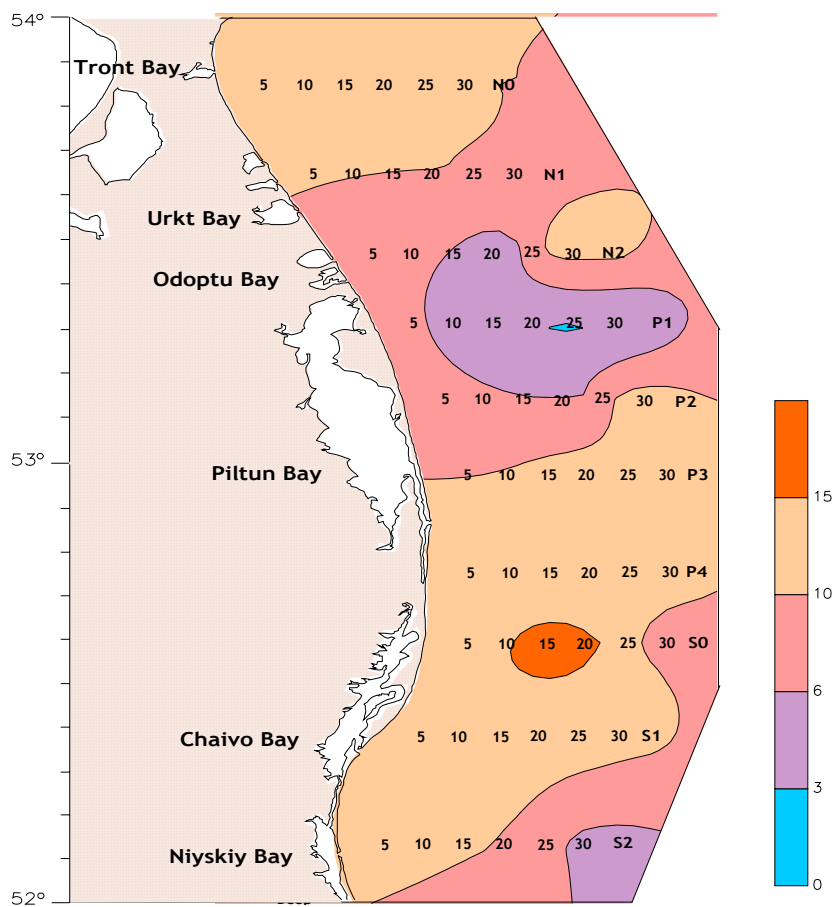


Рис. 3. Распределение температуры поверхностного слоя воды ($T^{\circ}\text{C}$)
в период исследований

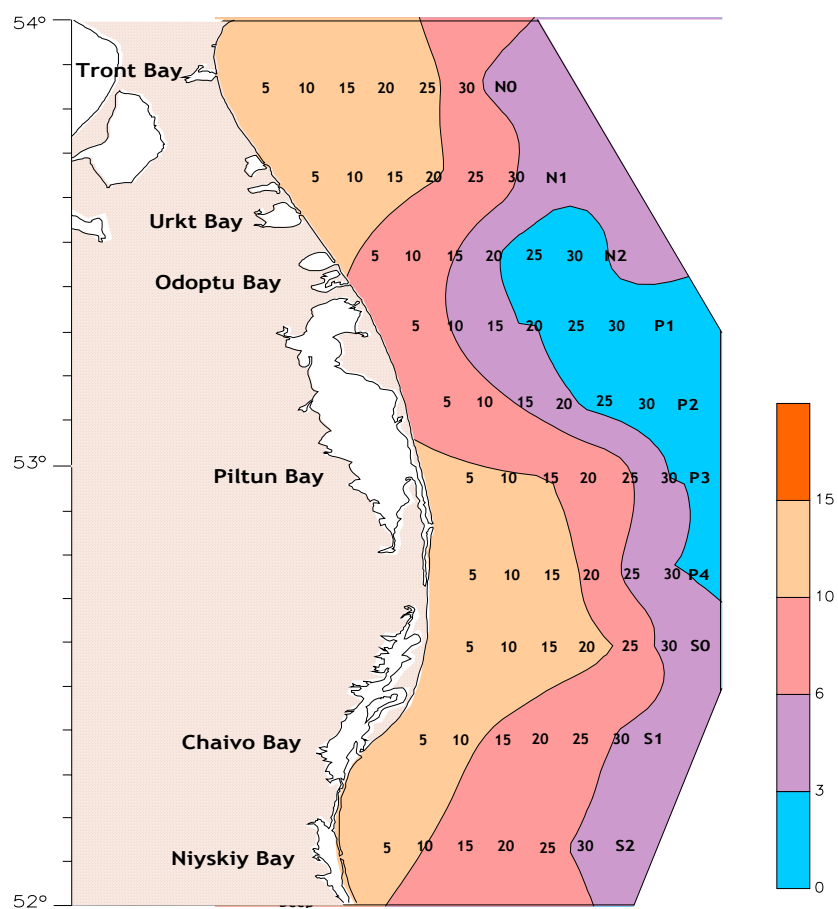


Рис. 4. Распределение температуры придонного слоя воды ($T^{\circ}\text{C}$)
в период исследований

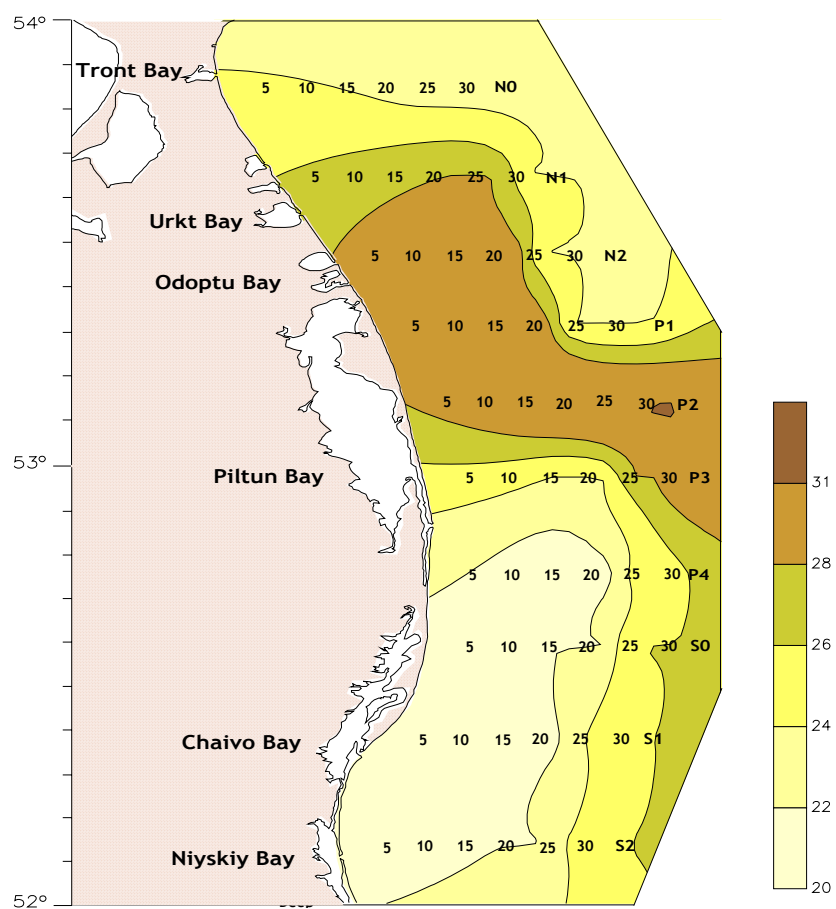


Рис. 5. Распределение солености поверхностного слоя воды (‰)
в период исследований

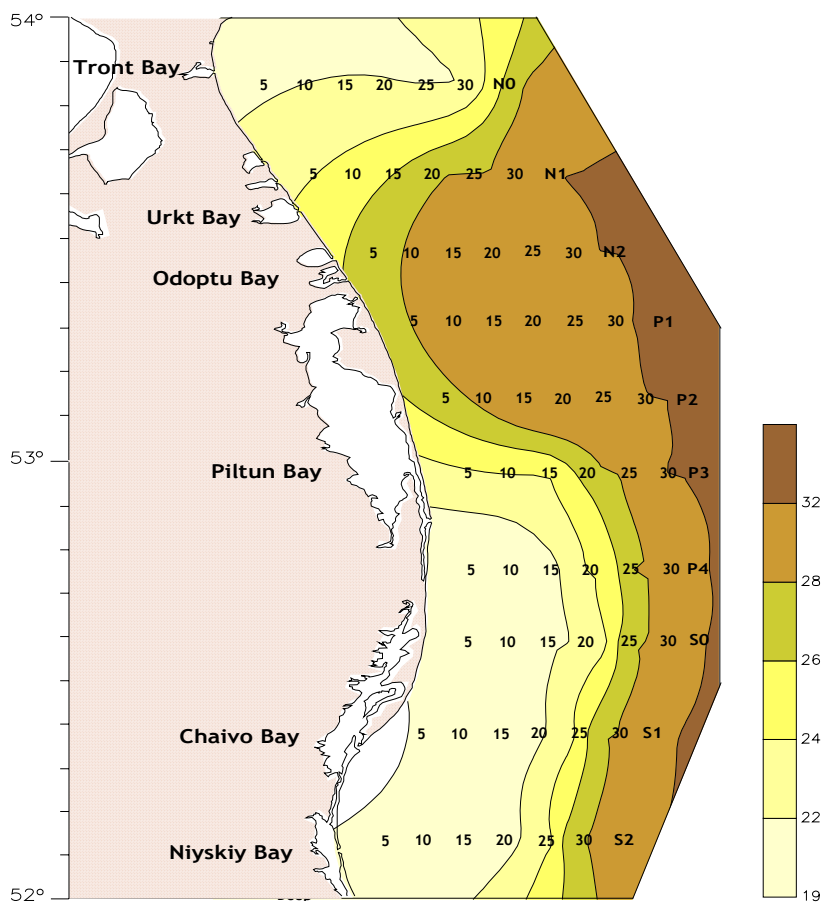


Рис. 6. Распределение солёности придонного слоя воды (‰) в период исследований

3.2. Классификация станций по сходству гранулометрического состава

Данные по 10 фракционному составу донных отложений на каждой из 60 станций были классифицированы с использованием процедур кластер-анализа (метод Уорда, расстояние Эвклида, матрица 10x60). Полученная дендрограмма представлена на рис. 14.

Все станции по сходству гранулометрического состава грунта могут быть объединены в три группы – А, В, С. В табл. 2 приведены характеристики каждой из групп осадков. Наибольшая **группа А** объединяет 30 станций со средней глубиной 12,2 м и резко преобладающей фракцией 0,1-0,25 мм (89,5% от веса всего осадка). В **группу В** входит 19 станций со средней глубиной 23,7 м и преобладанием двух фракций: 0,1-0,25 мм (48,4%) и 0,25-0,5 мм (40,8%).

В **группу С** входит 11 станций с глубиной 25,0 м без резкого доминирования какой-либо из фракций. Наибольшее значение имеют фракции 0,5-1,0 мм (18,8%) и 1,0-2,0 (27,7%).

Таким образом, **группа А** соответствует хорошо сортированным мелкозернистым пескам, **группа В** – средне сортированным разномелким пескам (смесь мелких и средних песков), **группа С** – плохо сортированным гравийным грунтам с примесью гальки и ракушечного детрита. Распределение трех групп осадков представлено на рис.13.

Мелкозернистые пески занимают прибрежную зону до глубин 10-15 м вдоль всего побережья. Наибольшие площади дна мелко песчаные грунты занимают на участке зал. Чайво - зал. Одопту. Смешанные гравийно-галечные грунты встречаются мозаично на глубинах более 25 м. По данным водолазных работ на этой глубине в центральной части района зал. Пильтун гравийно-галечные грунты занимают значительные площади дна. Здесь же на глубинах 25-30 м отмечены выходы скальной платформы на участках песчаных грунтов.

Таблица 2

Характеристики групп осадков: количество станций относящихся к группе, средняя глубина расположения группы, фракционный состав осадков (% от веса)

Тип осад- ка	Кол-во станций	Глубина, м	Фракции грунта, мм									
			>10.0	10.0- 5.0	5.0- 2.0	2.0- 1.0	1.0- 0.5	0.5- 0.25	0.25- 0.1	0.1- 0.05	0.05- 0.01	<0.01
Группа С	11	25,0	9,7	5,2	13,9	27,7	18,8	12,0	8,9	1,4	1,5	1,0
Группа В	19	23,7	0,2	0,3	0,8	2,3	5,6	40,8	48,4	0,8	0,6	0,2
Группа А	30	12,2	0,0	0,1	0,3	0,6	0,8	5,9	89,5	2,2	0,4	0,2

Штриховкой отмечены преобладающие фракции

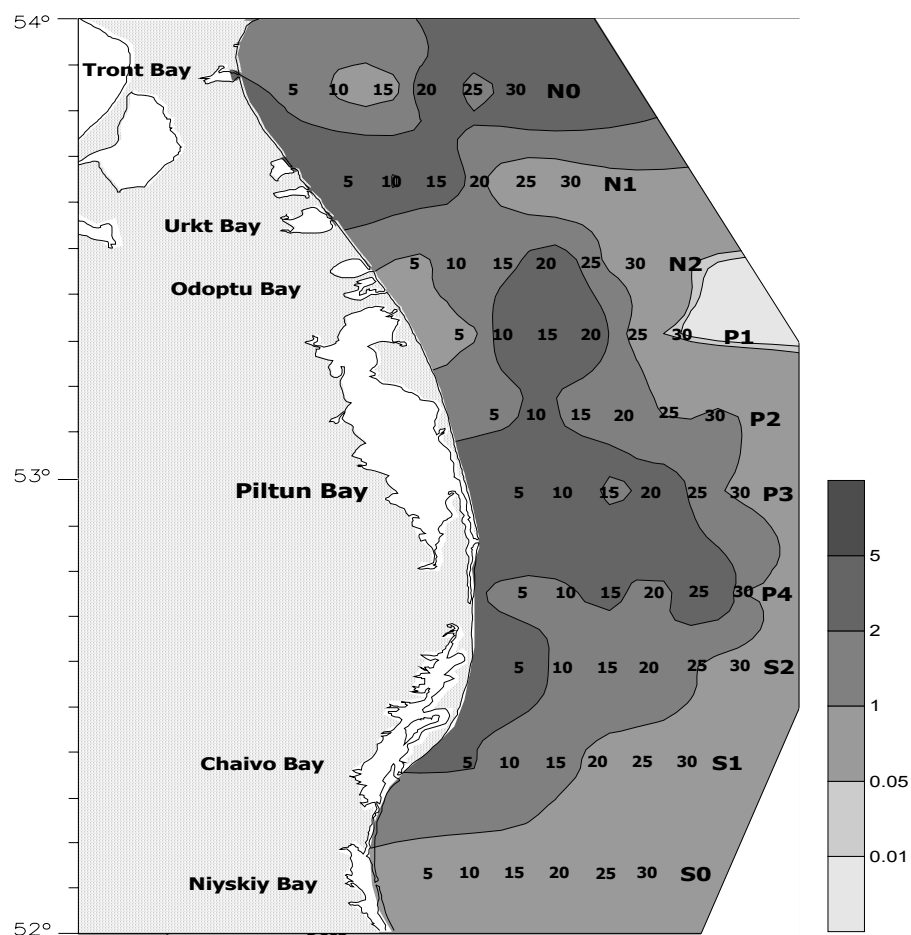


Рис. 7. Распределение фракций донных осадков (в % от веса):
0,05-0,1 мм (крупный алеврит)

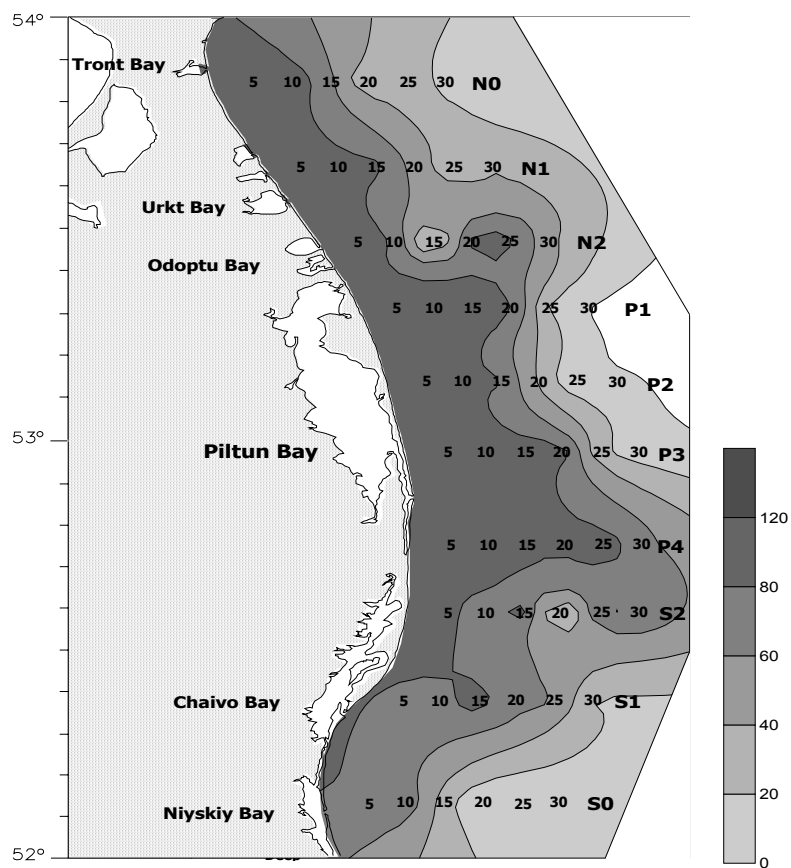


Рис. 8. Распределение фракций донных осадков (в % от веса):
0,1-0,25 мм (мелкий песок)

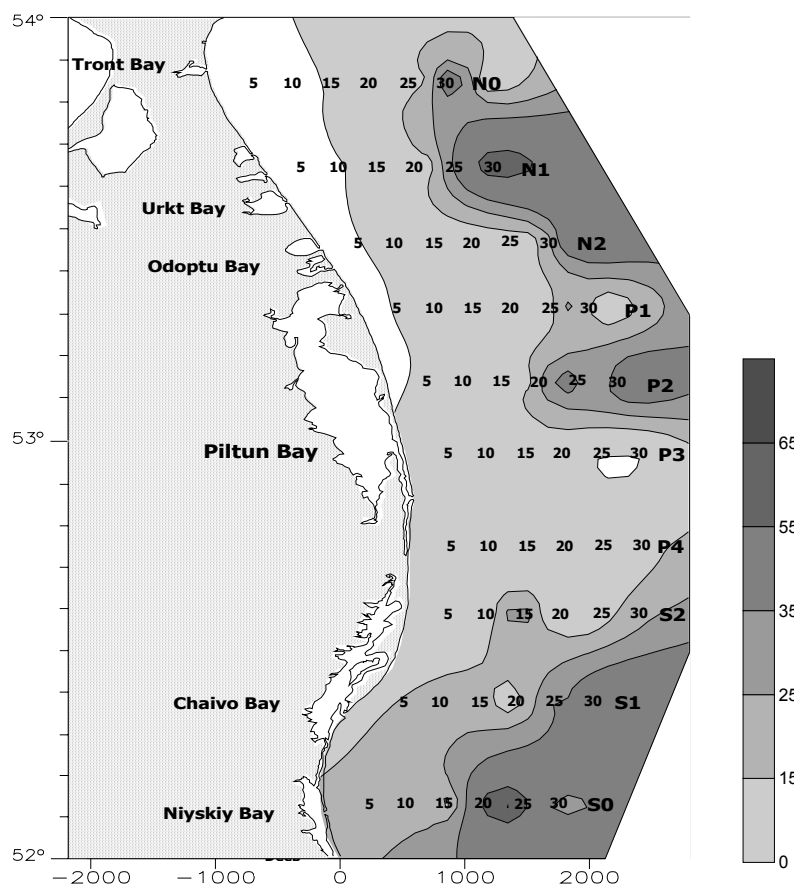


Рис. 9. Распределение фракций донных осадков (в % от веса):
0,25-0,5 мм (средний песок)

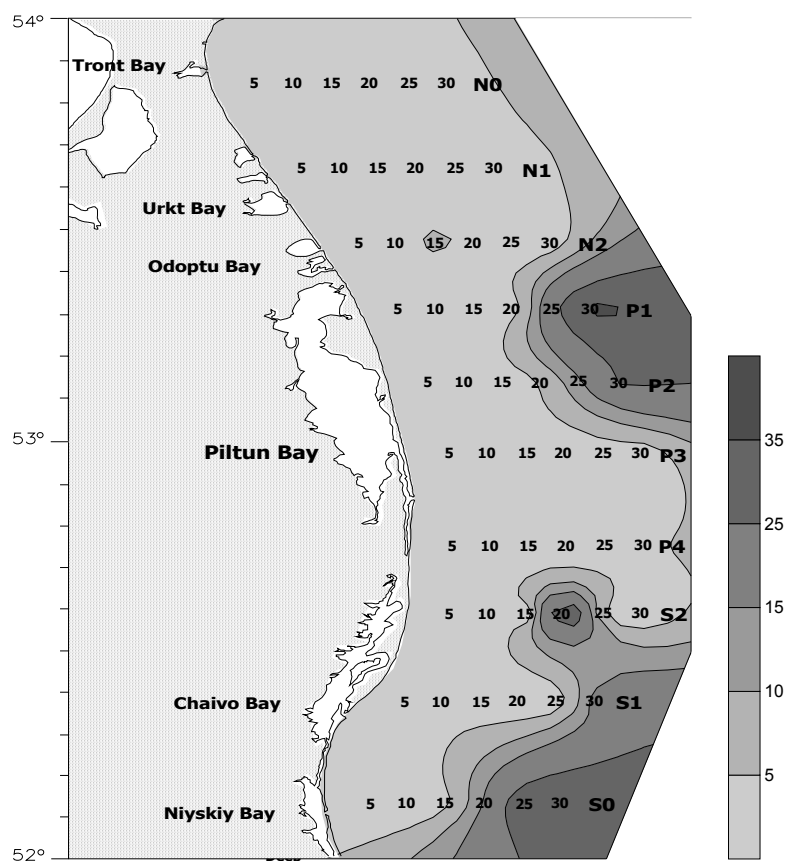


Рис. 10. Распределение фракций донных осадков (в % от веса): 0,5-1,0 мм (крупный песок)

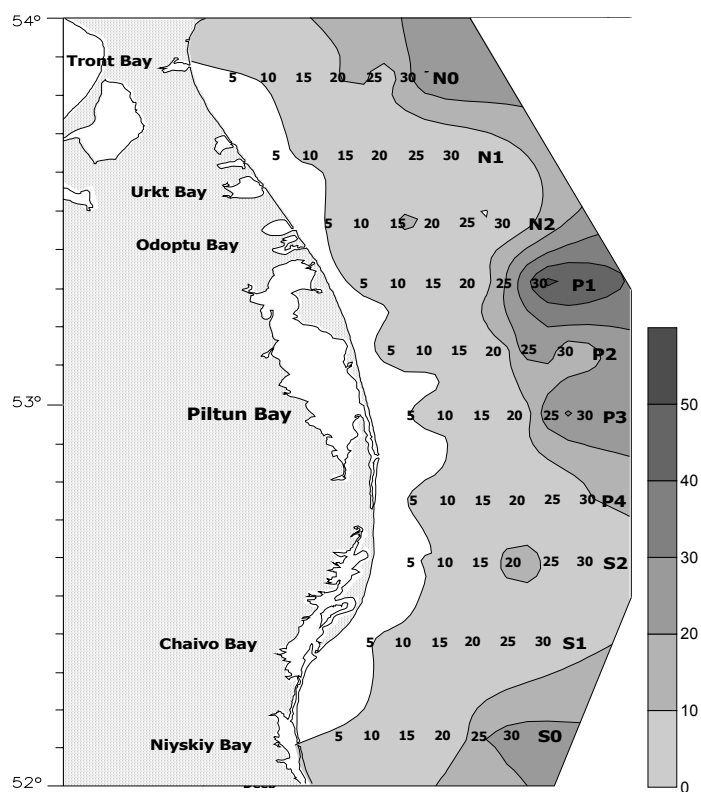


Рис.11. Распределение фракций донных осадков (в % от веса): 1-2 мм (мелкий гравий)

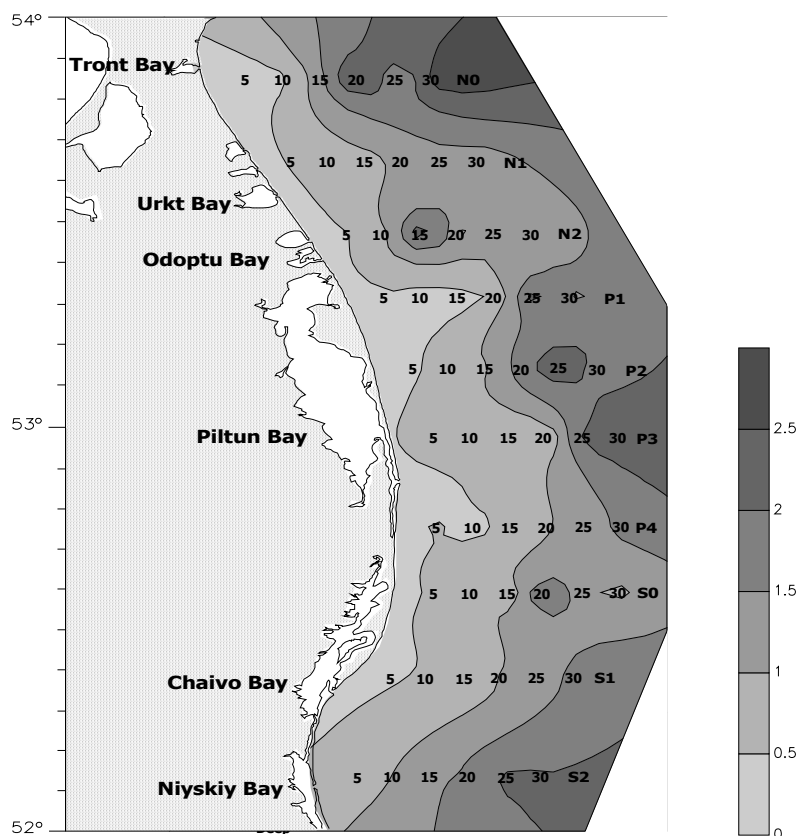


Рис. 12. Распределение энтропийного коэффициента сортировки (H_s) донных осадков

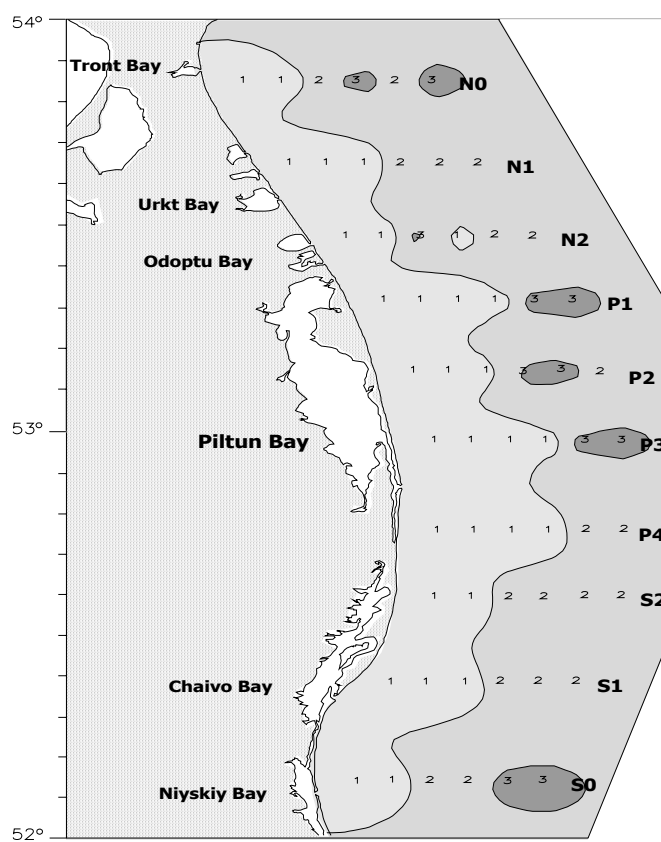


Рис. 13. Распределение групп осадков
1 – группа А, 2 – группа В, 3 – группа С (см. табл. 2)

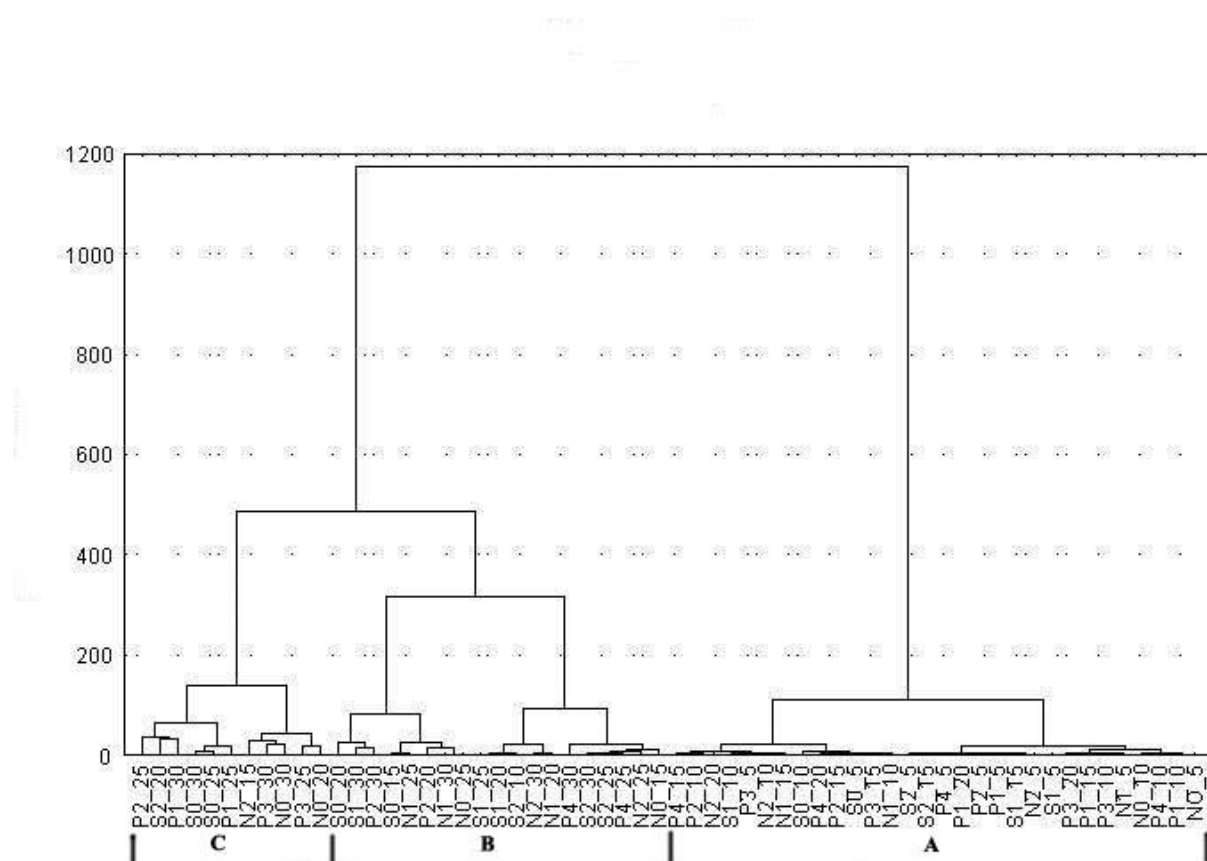


Рис. 14. Классификация 60 станций по сходству гранулометрического состава
А, В, С – группы осадков (см. табл. 2)

3.3. Гранулометрический состав осадков в местах питания серого кита

В процессе выполнения водолазных работ нами проводились попутные (в задачи экспедиции это не входило) наблюдения за питающимися особями серого кита на участке зал. Чайво – зал. Одопту. В период исследований в непосредственной близости от мест выполнения водолазных станций отмечено 13 активно питающихся особей. Большая часть (9 особей) китов отмечалась на участке между разрезами P2 – N2, в районе разреза P4 – 2 особи и 2 особи в районе разреза S2. Киты питались на глубинах от 6 до 13 м, в среднем – 9 м, передвигаясь вдоль берега в южном или северном направлениях. Преобладали одиночные особи (Приложение D: Фото D1). Лишь в одном случае - в районе зал. Чайво (разрез S1) отмечена одна пара активно питающихся (на глубине 11 м) серых китов (Приложение D: Фото D2). Здесь же удалось сфотографировать (Приложение D: Фото D3) и взять образцы животных, вымытых изо рта всплывшего на поверхность серого кита. В большинстве случаев, киты находились на значительном удалении от лодки, что не позволило нам сделать качественные снимки всех китов. В 9 точках питания серых китов были выполнены дночерпательные сборы (утяжеленная модель дночерпателя Петерсена). Однако использовать эти сборы для анализа распределения бентоса не представляется возможным. На всех разрезах в этом диапазоне глубин залегают плотные пески с песчаными волнами на поверхности осадка. Дночерпатель захватывал лишь небольшое количество осадка. Этот осадок использован для определения гранулометрического состава донных осадков в точках непосредственного питания особей серого кита (табл. 3)

Таблица 3

Гранулометрический состав грунта в точках питания серых китов в августе 2001 г.

Разрез	Глубина	Тип грунта									
		Га	Грк	Грс	Грм	Пк	Пс	Пм	Ак	Ам	Пек
		Размер преобладающей фракции, мм									
		>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	<0,01
S2	6	0	0	0,06	0,05	0	0,41	93,63	5,78	0,07	0
S2	12	0	0	0	0,29	1,09	3,71	94,24	2,34	0	0
P4	11	0	0	0,32	1,27	2,43	6,66	87,19	1,75	0,38	0
P4	13	0	0	0	0,11	0,69	8,87	89,38	0,95	0	0
P1	8	0	0	0,21	0,83	0,76	3,19	91,95	2,71	0,24	0,11
P1	9	0	0	0,12	0,18	0,18	1,15	94,34	3,88	0,15	0
N2	6	0	0	0,08	0,97	1,4	4,57	92,2	0,72	0,06	0
N2	10	0	0	0,21	0,48	2,78	20,47	73,95	2,11	0	0
N2	6	0	0	0,06	0,05	0	0,41	83,63	5,78	0,07	0

Таким образом, в 9 точках питания кита грунт был представлен хорошо сортированными мелкозернистыми песками, что соответствует осадкам Группы А.

3.4. Концентрация нефтеуглеводородов (НУ), тяжелых металлов (ТМ) и хлорорганических пестицидов (ХОП)

Оценка содержания в грунте в районе питания серых китов приоритетных поллютантов – НУ, ТМ и ХОП представляется важной как с точки зрения воздействия загрязнения на кормовую базу серого кита, так и на условия его обитания в районе нагула. Ранее в мелководной зоне нагула серых китов содержание поллютантов не изучалось. В процессе экспедиционных работ для оценки концентрации НУ и 10 ТМ нами было собрано 30 проб донных осадков на 10 разрезах (на глубинах 5–10–20 м), т. е. в зоне наиболее интенсивного нагула китов. На 10 станциях в зоне обитания серых китов в районе зал. Пильтун - зал. Одопту отобрано 10 образцов грунта для определения содержания ХОП.

Нефтяные углеводороды. В приложении 3 приведены данные по содержанию НУ в донных осадках изучаемой акваторий. Среднее и минимальное значения содержания НУ составляют 0,007 и 0,03 мг/г, что значительно ниже даже природных фоновых значений концентрации НУ на больших глубинах. На 12 станциях НУ вообще не обнаружены, также как и в пределах разрезов Р4 – S2. Пространственное распределение НУ показано на рис. 15.

Хлорорганические пестициды. На акваторию северо-восточного Сахалина хлорированные углеводороды поступают со стоком реки Амур и выносятся с акваторий прибрежных лагун. Наличие пестицидов в донных отложениях является особенностью северо-восточного шельфа Охотского моря.

Данные табл. 4 свидетельствуют, что максимальные концентрации собственно ДДТ, а также суммы ДДТ и его метаболитов в донных осадках отмечены на самых южных разрезах – S2 и S3. Отметим, что даже эти концентрации не превышают фоновых значений для района северо-восточного Сахалина.

Таблица 4

Содержание хлорорганических пестицидов (нг/г) в донных осадках
на 10 разрезах (глубина 10 м) исследуемой акватории

Разрез	N0	N1	N2	P1	P2	P3	P4	S1	S2	S3
ДДТ	1,5	0,9	1,1	1	1	1,4	1,4	1,3	3,3	3,5
ДДЕ	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,6	0,5
ДДД	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,7
ΣДДТ	1,9	1,3	1,6	1,6	1,8	2,0	2,0	1,8	4,3	4,8
α-ГХЦГ	0,3	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3
γ-ГХЦГ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
ΣГХЦГ	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,6	0,50

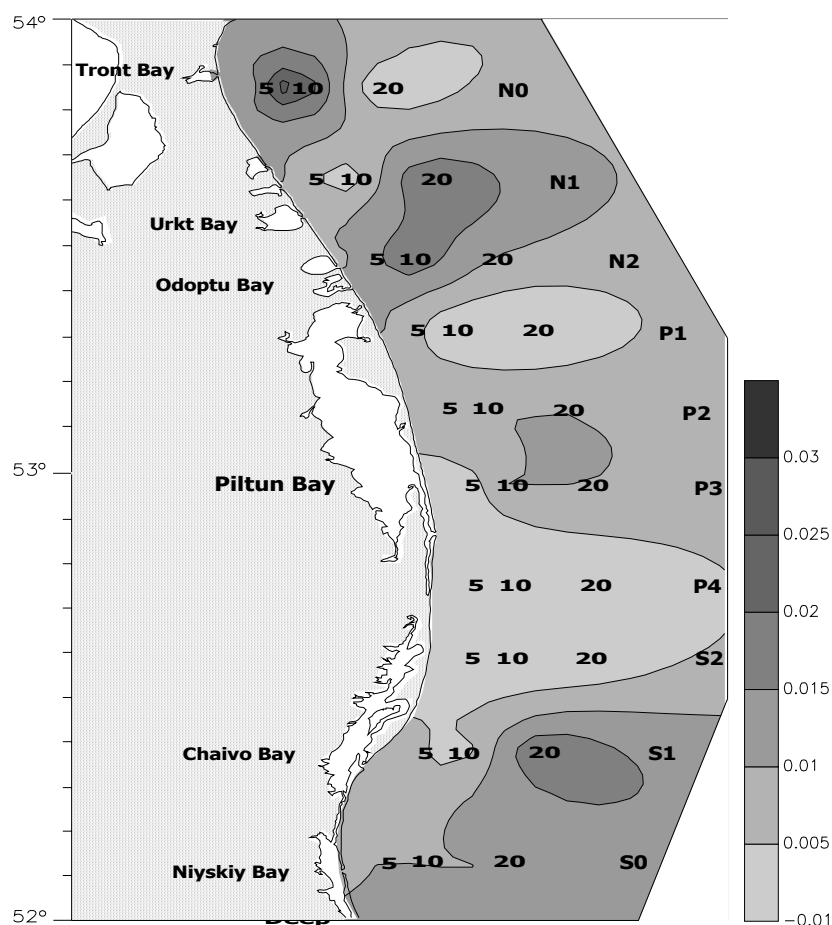


Рис. 15. Концентрация нефтяных углеводородов (мг/г. сух. остатка)
в донных осадках

Тяжелые металлы. Известно, что содержание ТМ в донных отложениях морей и океанов зависит от большого числа факторов. Различия в уровнях могут быть обусловлены минералогическим и гранулометрическим составом грунтов. Так песчаные грунты, благодаря меньшей сорбционной природе, характеризуются меньшим содержанием ТМ, чем алевритово-пелитовые отложения. На накопление и распределение микроэлементов оказывает влияние гидродинамический режим, физико-химические процессы и процессы биогенного осадкообразования. Все это выражается в постоянном варьировании содержания многих химических элементов в поверхностном слое донных отложений.

Результаты анализа 30 образцов осадков на содержание 10 ТМ (медь, алюминий, мышьяк, барий, кадмий, хром, железо, ртуть, свинец, цинк) приведены в Приложении 4. Распределение концентраций ТМ по акватории - на рисунках П4.1-П4.10. Образцы осадков, собранные на всех 10 разрезах на глубинах 5-10-20 м (30 проб) отличаются низким содержанием токсичных ТМ, что соответствует естественному геохимическому фону данного района. Близкие по значению концентрации тяжелых металлов в донных отложениях были определены для различных районов северо-восточного шельфа Охотского моря. Кроме этого, распределение практически всех ТМ характеризуется минимальными концентрациями на глубинах до 15-20 м, т.е. в зоне нагула серых китов.

Имеющиеся в литературе [16,17] данные по содержанию ТМ в осадках в районе Пильтун - Астохского месторождения полностью подтверждают наш вывод о низкой концентрации ТМ в исследуемом районе (табл. 5).

Таблица 5.

Концентрации тяжелых металлов в районе Пильтун - Астохского месторождения по литературным данным

Элементы	Концентрация
Al (%)	1,10-5,15
As (мкг/г)	2,5 - 14,8
Ba (мкг/г)	268 - 763
Cd (мкг/г)	<0,01-0,13
Cr (мкг/г)	0,6-121
Cu (мкг/г)	0,6 - 6,7
Fe (%)	0,12-1,50
Hg (мкг/г)	0,001-0,047
Pb (мкг/г)	5,1-19,5
Zn (мкг/г)	3,1-29,1

Не менее показательны сравнение концентраций НУ и ХОП в исследованном районе с литературными данными по наиболее исследованным районам дальневосточных морей (табл. 6).

Таблица 6.

Концентрации ДДТ и его метаболитов (Σ ДДТ), α - и γ -изомеров гексахлорциклогексана (Σ ГХЦГ) и углеводородов нефти в донных осадках различных районов зал. Петра Великого (Японское море) и исследованном районе

РАЙОН	НЕФТЕУГЛЕВОДОРОДЫ, МГ/Г сух. массы*	Σ ГХЦГ, НГ/Г сух. массы**	Σ ДДТ, НГ/Г сух. массы**
БУХТА ЗОЛОТОЙ РОГ И ПРОЛ. БОСФОР ВОСТОЧНЫЙ	5.4–16.7	<0.2–5.5 (1.66)	0.8–22.7 (9.01)
АМУРСКИЙ ЗАЛИВ	0.03–2.72	<0.2–1.3 (0.58)	4.4–14.8 (7.59)
УССУРИЙСКИЙ ЗАЛИВ	0.03–0.25	<0.2–1.1 (0.32)	4.4–9.1 (6.01)
ИССЛЕДОВАННЫЙ РАЙОН***	0-0.03(0.007)	<0.1- 0.6 (0.29)	1.3-4.8(2.31)

* [18] (данные 1986–1989 по 1994 гг., представлен диапазон концентраций)

** [19](данные 1994, представлены диапазон концентраций и средние значения (в скобках)

*** - наши данные

Как следует из таблицы, для всех рассматриваемых поллютантов их максимальные концентрации в исследуемом районе соответствуют минимальным концентрациям в зал. Петра Великого (Японское море).

Таким образом, анализ содержания и распределения основных поллютантов – НУ, ТМ, ХОП в донных осадках исследуемой акватории позволяет сделать вывод о том, что в настоящее время сколь ни будь существенного влияния поллютантов на бентос не наблюдается. Этому могут способствовать активный гидродинамический режим акватории и вдольбереговой перенос вод Восточно-сахалинского течения, препятствующие накоплению поллютантов в песчаных осадках.

4. Состав и количественное распределение бентоса*

4.1. Таксономический состав и видовое богатство макробентоса

Бентос прибрежной зоны северо-восточного Сахалина на глубинах менее 20 м исследован крайне слабо, что объясняется невозможностью работы на малых глубинах большинства экспедиционных судов. Лишь в последние годы начали проводиться водолазные исследования в районе зал. Пильтун, что позволило обнаружить в районе нагула китов 34 вида амфипод и выявить массовые виды бентоса [64, 76].

В результате таксономической обработки водолазных сборов 2001 г. в районе зал. Ныйский – зал. Тронт в количественных пробах зарегистрирован 171 вид бентоса и нектобентоса. Список таксонов приведен в Приложении 5.

По числу видов преобладают 5 групп животных: амфиподы (53 вида или 31% от общего числа видов), полихеты (41 вид, 25%), двустворчатые моллюски (27 видов, 16%), гидроиды (15 видов, 9%) и брюхоногие моллюски (11 видов, 7%). Остальные 10 таксономических групп бентоса представлены 1-3 видами. Из включенных в список 171 вида, 20 видов (гидроиды, губки, усоногие раки) обитают только на жестких субстратах – выходах скал или плотных гравийно-галечных грунтах. Остальные виды (151) животных приурочены к песчанистым грунтам, т.е. могут встречаться в зоне нагула серых китов.

Для оценки распространенности (встречаемости) видов в зоне песчанистых грунтов мы использовали показатель «частота встречаемости вида» ($P, \%$) – отношение числа количественных проб в которых вид встречен, к общему числу количественных проб, выраженное в процентах. Этот показатель важен, прежде всего, для характеристики кормовых организмов, т.к. характеризует их доступность для хищника. Анализ частоты встречаемости всех видов (151) показывает, что основная часть видов - 87 встречается редко. Только 64 вида (43% от общего числа видов) имеют частоту встречаемости более 10%. Список этих видов приведен в табл. 5. Частоту встречаемости более 10% имеют 23 вида амфипод, 22 - полихет, 14 – двустворчатых моллюсков, 3 – изопод, один вид кумовых раков и рыба *Amodytes hexapterus*, ведущая нектобентический образ жизни. Все эти виды при-

* Для удобства изложения далее в тексте будет использовано обозначение районов, приведенное на рис.1.: **Южный район** – от зал. Ныйский до зал. Чайво (разрезы S0 – S2), **Средний район** – зал. Пильтун (разрезы P1 – P4), **Северный район** – от зал. Одопту до зал. Тронт (разрезы N0 – N2).

урочены к зонам мелкозернистых и мелко-среднезернистых песков (группы грунтов А, В на рис. 14).

Число видов, имеющих частоту встречаемости более 10% изменяется с продвижением с юга на север. В южном участке таких видов – 60, в среднем – 51, в северном – 41. Однако эта тенденция не сохраняется в изменении числа часто встречающихся видов ($P > 50\%$). Число таких видов варьирует от 5 видов в южном районе до 7 - в северном районе. Всего 10 видов из 151 вида, встречающегося на песчаных грунтах, имеют частоту встречаемости более 50%. Из них: 4 вида амфипод, 3 – двустворчатых моллюска, по одному виду изопод, полихет и единственный вид иглокожих - плоский еж *Echinarachnius parma*.

Во всех трех районах частоту встречаемости более 50% имеют изопода *Synidotea cinerea* и амфиподы *Pontharpinia longirostris*, *Eohaustorius eous eous*. Ряд видов встречаются в двух районах. В южном и среднем районах с $P > 50\%$ встречаются амфиподы *Eogammarus schmidtii*, в среднем и северном районах – амфипода *Pontoporeia affinis* и полихета *Onuphis shirikishinaiensis*. Остальные 4 вида (двустворчатые моллюски *Siliqua alta*, *Megangulus luteus*, *Macoma lama* и плоский еж *Echinarachnius parma*) имеют $P > 50\%$ только в одном районе. Последние три вида имеют $P > 50\%$ только в северном районе.

Все вышеперечисленные виды амфипод и изопод уже упоминались в литературе в связи с питанием серых китов в районе зал. Пильтун [20,21,76]. Отметим, что из трех видов амфипод, играющих основную роль в питании серых китов около юго-восточного побережья Чукотки – *Pontoporeia femorata femorata*, *Ampelisca macrocephala*, *A. eschrichti* [22], в рассматриваемом районе два первых вида вообще не отмечены, а частота встречаемости *A. eschrichti* не превышает 12% в целом для всей акватории. При этом, в среднем районе этот вид отмечен единично, а в южном и северном на глубинах более 25 м с $P = 18-19\%$.

Таблица 5

Частота встречаемости видов (P> 10%) макробентоса по всей акватории

№	Вид	Код*	Частота встречаемости видов (P, %)			
			в районах:			средняя P, % по всей акватории
			зал. Ныйский – зал. Чайво	район зал. Пильтун	зал. Одопту - зал. Тронт	
1	<i>Synidotea cinerea</i>	Is	96	75	87	86
2	<i>Pontharpinia longirostris</i>	Am	78	75	69	74
3	<i>Eohaustorius eous eous</i>	Am	75	81	60	72
4	<i>Pontoporeia affinis</i>	Am	42	71	51	55
5	<i>Megangulus luteus</i>	Bi	42	46	62	50
6	<i>Siliqua alta</i>	Bi	69	31	42	47
7	<i>Eogammarus schmidtii</i>	Am	48	61	28	46
8	<i>Macoma lama</i>	Bi	36	45	55	45
9	<i>Onuphis shirikishinaiensis</i>	Po	33	51	46	43
10	<i>Echinarachnius parma</i>	Ech	36	31	51	39
11	<i>Atylus collingi</i>	Am	42	25	37	35
12	<i>Anonyx nugax pacificus</i>	Am	45	38	19	34
13	<i>Pontharpinia robusta</i>	Am	33	41	28	34
14	<i>Synchelidium gurjanovae</i>	Am	39	28	33	33
15	<i>Protomedeia popovi</i>	Am	33	18	42	31
16	<i>Spisula voyi</i>	Bi	30	21	42	31
17	<i>Anisogammarus pugettensis</i>	Am	18	38	33	30
18	<i>Scoloplos armiger</i>	Po	24	35	28	29
19	<i>Diastilis bidentata</i>	Cu	33	25	19	26
20	<i>Boeckosimus derjugini</i>	Am	24	21	28	24
21	<i>Saduria entomon</i>	Is	18	25	24	22
22	<i>Nephtys caeca</i>	Po	24	21	19	21
23	<i>Magelona sachalinensis</i>	Po	24	18	19	20
24	<i>Orchomenella gurjanovae</i>	Am	30	21	19	19
25	<i>Eteone longa</i>	Po	18	18	19	18
26	<i>Travisia forbesii</i>	Po	18	18	19	18
27	<i>Capitella capitata</i>	Po	18	12	24	18
28	<i>Metopa majuscula</i>	Am	24	0	24	16
29	<i>Westwoodilla sp.</i>	Am	21	25	0	15
30	<i>Ophelia limacina</i>	Po	0	25	19	15
31	<i>Eumida sanguinea</i>	Po	21	0	19	13
32	<i>Ammodytes hexapterus</i>	Pi	21	0	19	13
33	<i>Ampharete goesi</i>	Po	21	0	19	13
34	<i>Monoculodes crassirostris</i>	Am	39	0	0	13
35	<i>Protomedeia macrocarpa</i>	Am	21	18	0	13
36	<i>Synidotea bicuspidata</i>	Is	0	18	19	12
37	<i>Ampelisca eschrichti</i>	Am	18	0	19	12

№	Вид	Код*	Частота встречаемости видов (P, %)			
			в районах:			средняя P, % по всей акватории
			зал. Ныйский – зал. Чайво	район зал. Пильтун	зал. Одопту - зал. Тронт	
38	<i>Photis reinchardi</i>	Am	18	0	19	12
39	<i>Protomedeia microdactyla</i>	Am	18	0	19	12
40	<i>Orchomenella japonica</i>	Am	18	0	19	12
41	<i>Orchomenella pinguis</i>	Am	18	0	19	12
42	<i>Tridonta borealis</i>	Bi	18	0	19	12
43	<i>Metopa layi</i>	Am	18	0	19	12
44	<i>Nephtys longosetosa</i>	Po	18	18	0	12
45	<i>Pectinaria sp.</i>	Po	18	18	0	12
46	<i>Serripes groenlandicus</i>	Bi	18	18	0	12
47	<i>Nephtys ciliata</i>	Po	18	18	0	12
48	<i>Crenella decussata decuss.</i>	Bi	0	18	17	12
49	<i>Mysella gurjanovae</i>	Bi	0	0	33	11
50	<i>Glycinde armigera</i>	Po	21	12	0	11
51	<i>Lumbrineris japonica</i>	Po	21	12	0	11
52	<i>Chaetozone setosa</i>	Po	21	12	0	11
53	<i>Spiophanes bombyx</i>	Po	15	18	0	11
54	<i>Macoma balthica</i>	Bi	15	18	0	11
55	<i>Mysella kurilensis</i>	Bi	15	18	0	11
56	<i>Liocyma fluctuosa</i>	Bi	15	18	0	11
57	<i>Ischyrocerus elongatus</i>	Am	15	18	0	11
58	<i>Macoma calcarea</i>	Bi	15	18	0	11
59	<i>Tridonta rollandi</i>	Bi	15	18	0	11
60	<i>Demonax fullo</i>	Po	15	18	0	11
61	<i>Phyllodoce groenlandica</i>	Po	18	12	0	10
62	<i>Glycera capitata</i>	Po	18	12	0	10
63	<i>Lumbrineris bifurcata</i>	Po	18	12	0	10
64	<i>Lumbrineris minuta</i>	Po	18	12	0	10

Примечание: * - Код группы см. список видового состава бентоса и нектобентоса

(Приложение 5). В таблице виды ранжированы по частоте встречаемости во всей акватории. **Жирным** шрифтом выделены виды с P> 50%.

4.2. Количественное обилие и распределение макробентоса

4.2.1. Распределение биомассы бентоса по всей акватории

В рассматриваемой акватории (зал. Ныйский – зал. Тронт) общая суммарная биомасса макробентоса варьирует в значительных пределах – от 12,1 г/м² на мелкозернистых песках в прибрежной зоне до 2780 г/м² в зоне массового развития плоских ежей, составляя в среднем $595,3 \pm 89,2$ г/м² (n = 56 станций). В расчетах суммарной биомассы (табл. 8) использованы данные только 56 станций, выполненных на песчанистых грунтах (осадки групп А и В), т.е. в зоне потенциально пригодной для питания серых китов. Схема распределения суммарной биомассы макробентоса представлена на рис. 17.

На 4 станциях, где субстрат представлен плотными гравийно-галечными грунтами и выходами скальной платформы, количественные сборы были сделаны, но их результаты при расчетах табл. 8 не учитывались. На выходах скальной платформы в условиях сильных придонных течений формируется "фауна обрастаний", представленная губками, мшанками, гидроидами, моллюсками-сестонофагами. Общая биомасса прикрепленного эпибентоса достигает здесь более 7500 г/м², а на гравийно-галечных грунтах (грунты группы С) более 2300 г/м². Разнообразие грунтов находит отражение и в распределении биомассы макробентоса по площади акватории, создавая поясно-мозаичную картину расположения контуров биомасс.

Еще более изменчива плотность поселения бентоса: максимальные значения имели кумовые раки *Diastilis bidentata* до 92000 экз/м², мелкие двустворчатые моллюски *Mysella kurilensis kurilensis* до 12000 экз/м². На некоторых станциях высокую плотность поселения до 7000 экз/м² имели обитающие в трубках полихеты *Onuphis shirikishinaiensis*, а также приуроченные к поселениям этих полихет изоподы *Synidotea cinerea*, амфиподы *Pontoporeia affinis* и *Eohaustorius eous eous* (до 2000 – 5000 экз/м²).

Для рассматриваемой акватории характерна тенденция увеличения общей биомассы бентоса с увеличением глубины (табл. 8, рис. 16). Однако эта тенденция в основном обусловлена увеличением с глубиной биомассы плоских ежей и в меньшей степени – кумовых раков. Биомасса других групп с глубиной либо уменьшается (двустворчатые моллюски, ракообразные), либо остается примерно на одном уровне (многощетинковые черви, десятиногие раки). На рис. 16 отчетливо прослеживается, что наиболее существенные изменения в биомассе

Таблица 8

Распределение общей биомассы макробентоса (г/м²) и биомассы таксономических групп на отдельных глубинах во всей исследованной акватории

Таксономическая группа	ВСЯ АКВАТОРИЯ (зал. Ныйский – зал. Тронт) разрезы S2 – N0						Средняя биомасса N=56	Ошибка средней %
	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m		
Bivalvia	85,1	168,1	182,4	68,7	54,8	28,9	98,0	17,5
Crustacea:	124,6	117	87,2	48,7	86,8	97,1	93,7	16,2
<i>Isopoda</i>	28,9	54,7	27,3	8,8	10,5	7,0	22,9	27,6
<i>Amphipoda</i>	78,4	55,8	48,7	18,0	11,0	9,4	36,9	25,2
<i>Cumacea</i>	14,6	4,1	6,3	17,6	54,7	69,1	27,8	26,7
<i>Decapoda</i>	2,7	2,4	4,9	4,3	10,6	11,6	6,1	23,9
Polychaeta	33,5	17,5	21,2	22,3	27,6	21,6	23,9	19,8
Echinodermata	0,0	0,0	145,2	439,8	634,1	850,6	345,0	27,0
Rest	3,4	5,1	10,2	24,7	18,9	19,1	13,6	20,9
Биомасса общая	246,6	307,7	446,2	604,2	822,2	1017,3	574,2	15,0
Биомасса кормового бентоса, %	43,5	35,9	17	4,4	2,6	1,6	10,4	

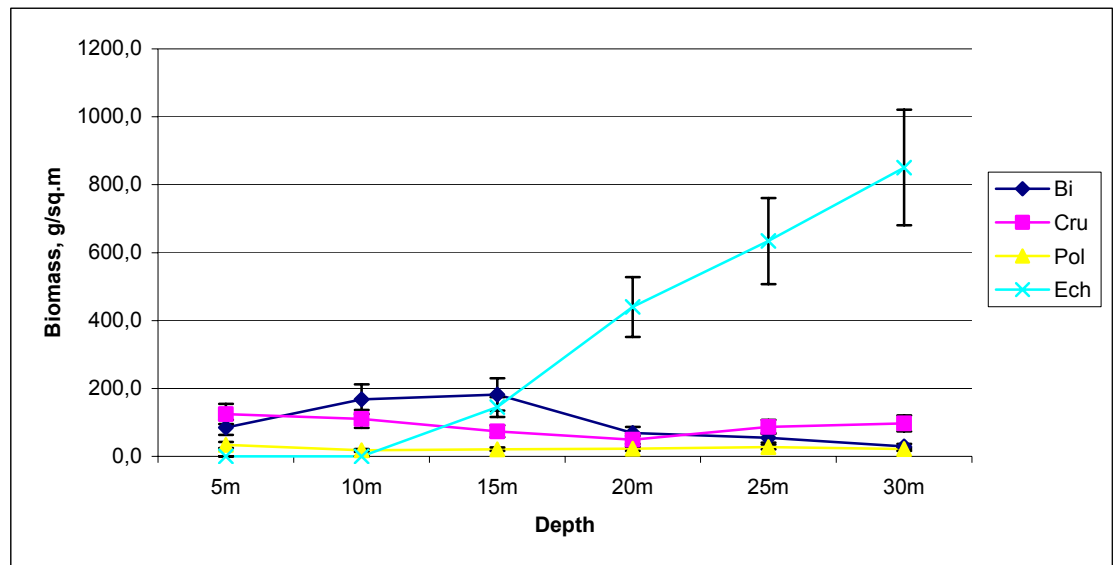


Рис. 16. Изменение биомассы 4 таксономических групп макробентоса по глубинам

На этом рисунке и далее – вертикальными линиями показана ошибка средней величины

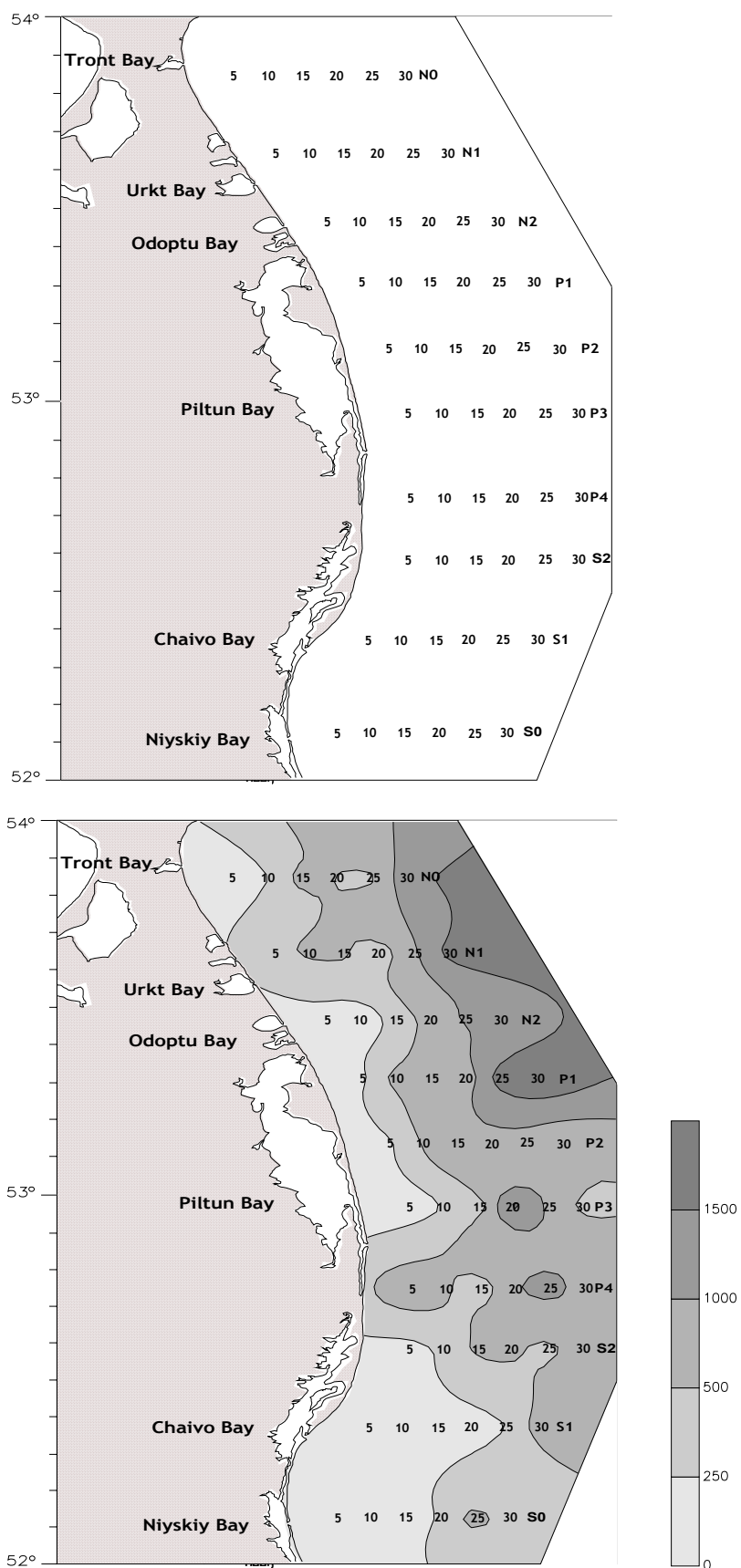


Рис. 17. Расположение станций (вверху) и распределение общей суммарной биомассы (г/м²) макробентоса (внизу)

отдельных групп бентоса происходят в районе глубины 15 м. В этом диапазоне происходит резкое увеличение биомассы плоских ежей и уменьшение биомассы двусторчатых моллюсков, и ракообразных. Все вышеизложенное отражает общие тенденции в распределении биомассы макробентоса по всей исследованной акватории.

Противоположная тенденция наблюдается в распределении доли кормового бентоса (амфиподы и изоподы) в суммарной биомассе всего макробентоса (табл. 8). Доля кормового бентоса уменьшается с глубиной: от 43,5 – 35,6% в диапазоне 5 -10 м до 2,6 – 1,6% на глубинах более 20 м.

4.2.2. Распределение суммарной биомассы бентоса по районам.

Данные по биомассам основных групп бентоса и общей суммарной биомассе в каждом из трех районов представлены в табл. 9-11. При продвижении от южного к северному участку средняя общая биомасса изменяется: в **южном** районе – $322,3 \pm 51,8$ г/м², **среднем** – $790,8 \pm 114,3$ г/м², **северном** – $671,2 \pm 134,9$ г/м². На рис. 18 показано изменение суммарной биомассы и биомассы 4 основных групп бентоса по 6 диапазонам глубины (5м – 10м – 15м – 20м – 25м – 30м) в каждом из трех исследованных районов.

В южном районе (зал. Ныйский – зал. Чайво) наблюдается общая для всей акватории тенденция - суммарная биомасса бентоса увеличивается с глубиной: от $159,8$ г/м² на глубине 5 м до $558,8$ г/м² на 30 м (табл. 9, рис. 18), при средней суммарной биомассе $322,3 \pm 51,8$ г/м². Эта тенденция определяется, прежде всего, распределением плоских ежей *E. parma*. Их доля в суммарной биомассе достигает 54,4%. Биомасса двусторчатых моллюсков составляет 21% от суммарной биомассы, на глубине 30 м она уменьшается до $23,7$ г/м². На третьем месте – ракообразные, их доля составляет 15,7% от средней суммарной биомассы бентоса. Биомасса ракообразных уменьшается к средним глубинам (15 м) и затем незначительно увеличивается к 30 м. Биомасса полихет незначительна (3% от суммарной) и с изменением глубины практически не меняется.

В среднем районе (район зал. Пильтун) также наблюдается увеличение суммарной биомассы с глубиной, но с большими количественными характеристиками (табл. 10, рис. 18). Суммарная биомасса увеличивается от $321,1$ г/м² на глубине 5 м до 1153 г/м² на 30 м, составляя в среднем $790,8 \pm 114,3$ г/м². Как и в южном районе увеличение суммарной биомассы с глубиной определяется ходом измене-

ния биомассы плоских ежей, их доля в суммарной биомассе района достигает 61,1%. Биомасса остальных групп с глубиной уменьшается. Доля биомассы основных групп в суммарной биомассе составляет: ракообразные – 17,2%, двустворчатые моллюски 13%. Для всего района доля полихет не превышает 4% от суммарной биомассы и остается стабильной на всех глубинах. В северном районе (зал. Одопту – зал. Тронт) общая для всей акватории тенденция увеличения суммарной биомассы с глубиной сохраняется (табл. 11, рис. 18).

Суммарная биомасса увеличивается от 327,8 г/м² на 5 м до 1360,1 г/м² на глубине 30 м, составляя в среднем 671,2±134,9 г/м². Плоские ежи, биомасса которых определяет общий ход изменения суммарной биомассы, определяют 54% всей суммарной биомассы макробентоса района. Двустворчатые моллюски составляют 16%, ракообразные – 12% от суммарной биомассы района. Доля полихет как и в более южных участках не превышает 3%, оставаясь стабильной на всех глубинах. Биомасса ракообразных уменьшается к диапазону глубин 15-20 м до 45,8 г/м² и затем возрастает до 139,8 г/м² на глубине 30 м. Столь существенный рост биомассы ракообразных происходит за счет кумовых раков, биомасса которых увеличивается с ростом глубины.

Таким образом, анализ изменения суммарной биомассы макробентоса показывает, что как для всей исследованной акватории, так и для каждого из районов, сохраняется единая тенденция – суммарная биомасса бентоса увеличивается с глубиной. Максимальные значения биомассы наблюдаются во всех районах на глубинах 25-30 м. Здесь высокие значения суммарной биомассы обусловлены массовым развитием плоских ежей. При продвижении к северу средняя суммарная биомасса макробентоса изменяется от 322,3±51,8 г/м² в южном районе, до 790,8±114,3 г/м² в среднем и 671,2±134,9 г/м² в северном районе.

4.2.3. Распределение биомассы основных групп и массовых видов бентоса в районах.

В предыдущем разделе, как для всей акватории, так и для каждого района, были отмечены общие черты изменения суммарной биомассы основных групп бентоса с увеличением глубины. С глубиной четко увеличивается биомасса плоских ежей *E. parma* и кумовых раков. Для всех остальных массовых групп бентоса характерно либо уменьшение биомассы с глубиной (двустворчатые моллюски, амфиподы, изоподы, десятиногие раки), либо сохранение ее на примерно одном уровне (полихеты). Эти тенденции отчетливо прослеживаются на рис. 16, 18.

Таблица 9

Распределение общей биомассы макробентоса (г/м²) и биомассы таксономических групп на отдельных глубинах в **ЮЖНОМ** районе

Таксономическая группа	зал. НЫЙСКИЙ - зал. ЧАЙВО разрезы S2 – S0						Средняя биомасса N=18	Ошибка средней %
	5 м	10 м	15 м	20 м	25 м	30 м		
Bivalvia	63,1	88,1	116,2	79,3	36,2	23,7	67,8	16,8
Crustacea:	93,7	50	49,1	23,5	61,9	84,8	60,5	23,0
<i>Isopoda</i>	11,6	17,4	1,6	5,2	10,4	7,8	9,0	20,3
<i>Amphipoda</i>	58,5	30,7	44,4	5,4	5,3	3,4	24,6	31,9
<i>Cumacea</i>	19,7	1,7	3	12,9	42,5	67,8	24,6	35,0
<i>Decapoda</i>	3,9	0,2	0,1	0	3,7	5,8	2,3	36,5
Polychaeta	1,3	6,6	6,8	11,4	14,5	20,3	10,2	22,1
Echinodermata	0	0	133,5	192,8	302,5	423	175,3	31,9
Rest	1,7	8,1	4,4	22,4	8,1	7,7	8,6	27,9
Биомасса общая	159,8	152,8	310,2	329,4	423,1	558,8	322,3	16,1
Биомасса кормового бентоса, %	43,9	31,5	14,8	3,2	3,7	2	10,4	

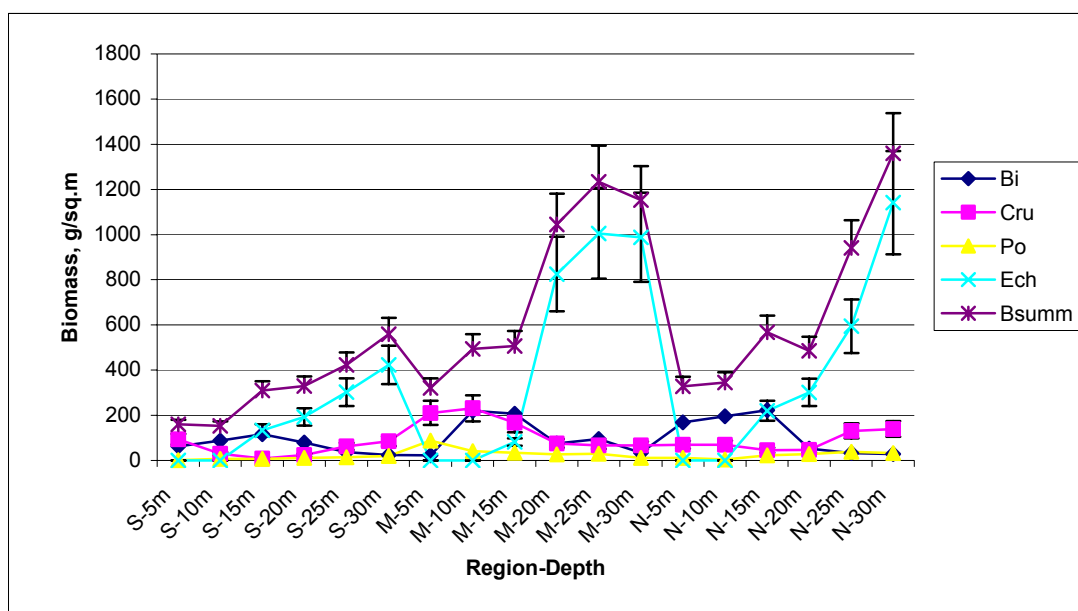


Рис. 18. Изменение общей биомассы (B_{summ}) и биомассы основных групп макро-бентоса в 6 диапазонах глубин (5-10-15-20-25-30m) в трех районах.

Regions: S – South, M – Middle, N - North

Таблица 10

Распределение общей биомассы макробентоса (г/м²) и биомассы таксономических групп на отдельных глубинах в **среднем** районе

Таксономическая группа	район зал. ПИЛЬТУН разрезы Р1-Р4						Средняя биомасса N=24	Ошибка средней %
	5 м	10 м	15 м	20 м	25 м	30 м		
Bivalvia	22,5	219,8	207,8	74,6	95,6	34,7	107,5	23,4
Crustacea:	210,7	231,1	166,9	75,6	67,3	66,8	136,4	16,0
<i>Isopoda</i>	52,1	103,5	65,2	17,7	9,8	7,4	42,6	25,8
<i>Amphipoda</i>	138,7	118	85,4	26,2	16,1	16	66,7	23,6
<i>Cumacea</i>	17,8	3,8	2,2	18,9	31,1	28,9	17,1	20,5
<i>Decapoda</i>	2,1	5,8	14,1	12,8	10,3	14,5	9,9	14,5
Polychaeta	87,7	41,2	33,4	27,2	29,3	11,3	38,4	19,6
Echinodermata	0	0	82,2	825,3	1005,5	987,5	483,4	30,1
Rest	0,4	2,5	17,1	42,2	35,8	22,8	20,1	24,4
Биомасса общая	321,1	494,6	507,4	1044,9	1233,5	1153,1	790,8	14,5
Биомасса кормового бентоса, %	59,4	44,8	29,7	4,2	2,1	2	13,8	

Таблица 11

Распределение общей биомассы макробентоса (г/м²) и биомассы таксономических групп на отдельных глубинах в **северном** районе

Таксономическая группа	зал. ОДОПТУ - зал. ТРОНТ разрезы N0 - N2						Средняя биомасса N=18	Ошибка средней %
	5 м	10 м	15 м	20 м	25 м	30 м		
Bivalvia	169,6	196,4	223,2	52,1	32,6	28,3	117,0	25,3
Crustacea:	69,3	69,9	45,8	47,1	131,3	139,8	83,9	16,5
<i>Isopoda</i>	23,1	43,2	15,1	3,4	11,3	5,7	17,0	28,8
<i>Amphipoda</i>	37,9	18,6	16,4	22,5	11,6	8,8	19,3	17,9
<i>Cumacea</i>	6,2	6,9	13,7	21,1	90,6	110,7	41,5	37,4
<i>Decapoda</i>	2,1	1,2	0,6	0,1	17,8	14,6	6,1	43,6
Polychaeta	11,5	4,8	23,4	28,2	38,9	33,2	23,3	18,6
Echinodermata	0	0	220	301,2	594,4	1141,2	376,1	38,5
Rest	8,1	4,6	9,1	9,4	12,8	27,5	11,9	22,6
Биомасса общая	258,5	275,7	521,5	438	810	1370	612,2	20,1
Биомасса кормового бентоса, %	23,6	22,4	6	5,9	2,8	1,1	5,9	

Основная часть суммарной биомассы в районах приходится на долю плоских ежей (от 40 до 60%). Известно, что иглокожие имеют низкую калорийность и не используются серыми китами в питании. Ниже мы рассматриваем распределение биомассы основных групп и массовых видов бентоса без учета биомассы плоских ежей. Это, прежде всего, диапазон глубин от 5 до 15 м, где плоские ежи отсутствуют, и происходит активное питание серых китов.

На рис. 19 представлено соотношение (в %) биомасс 6 групп в суммарной биомассе бентоса для трех районов, без учета биомассы плоских ежей. Во всех трех районах значительную роль (от 35 до 49% от суммарной биомассы бентоса) играют двустворчатые моллюски. Доля ракообразных в суммарной биомассе сопоставима с моллюсками – от 35 до 45%. На долю полихет приходится от 7 до 13% суммарной биомассы.

4.2.3.1. Биомасса двустворчатых моллюсков (*Bivalvia*).

В разделе 4.1 отмечено, что из 27 видов моллюсков, обнаруженных в количественных сборах, только три вида имеют частоту встречаемости в районах более 50%, все эти виды преобладают в исследованных районах и по биомассе: *Siliqua alta*, *Macoma lama*, *Megangulus luteus* (= *Peronidia lutea*, под этим названием моллюск более широко известен). Кроме этих видов, высокие значения биомассы имеет моллюск *Mactromeris polynyma* (= *Spisula voyi* – более распространенное название). Этот вид имеет частоту встречаемости для всей акватории 31%, в районах – от 21 до 42%.

В целом для всей акватории биомасса *Bivalvia* несколько увеличивается от 5 м до 10-15 м с последующим понижением на глубинах более 20 м (рис. 16). Среднее значение биомассы двустворчатых моллюсков для всей акватории составляет $98,0 \pm 17,1$ г/м². При продвижении от южного участка к северному наблюдается тенденция в увеличении биомассы моллюсков: в южном участке она составляет 67,8 г/м², в среднем – 107,5 г/м², северном – 117,0 г/м². Наибольшая средняя биомасса *Bivalvia* отмечена в среднем районе на глубинах 10-15 м (более 200 г/м²) и северном районе на 5-15 м (от 170 до 220 г/м²).

На рис. 20 представлено распределение 4 массовых видов моллюсков по глубинам. По характеру распределения можно выделить группу видов, наибольшая биомасса у которых отмечена в диапазоне 5-15 м. Это – *Siliqua alta* и

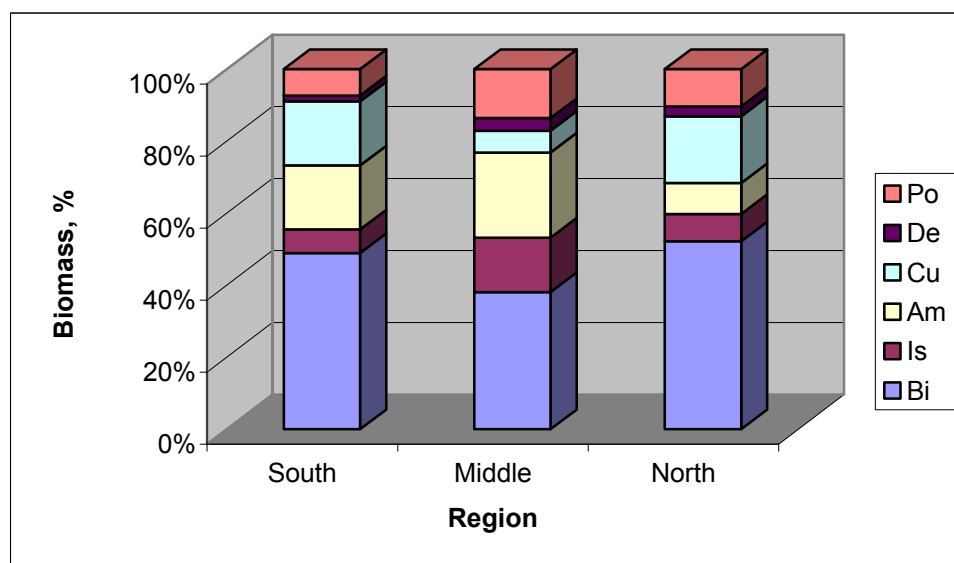


Рис. 19. Соотношений биомасс основных групп бентоса в трех районах (в % от суммарной биомассы бентоса, без учета биомассы плоских ежей)

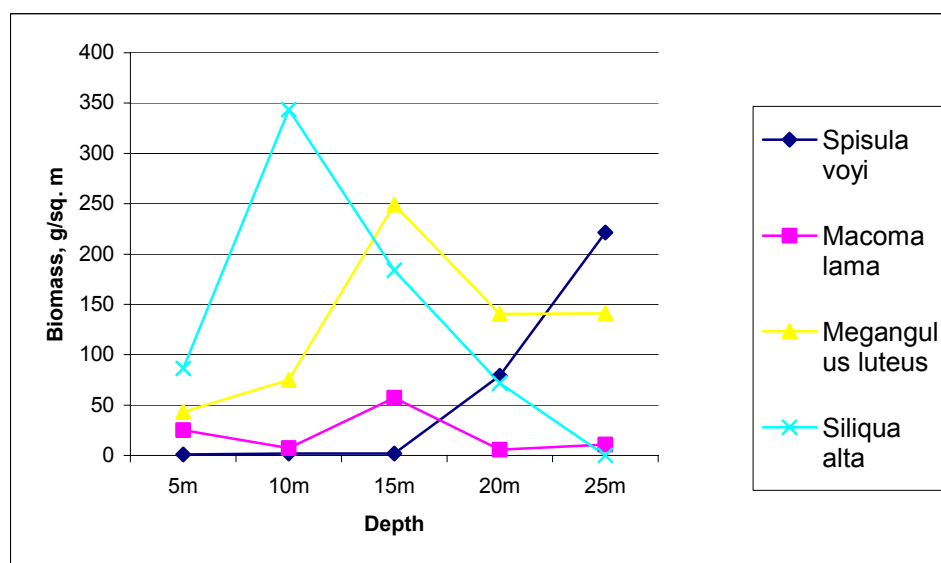


Рис. 20. Распределение биомассы 4 массовых видов двустворчатых моллюсков по глубинам

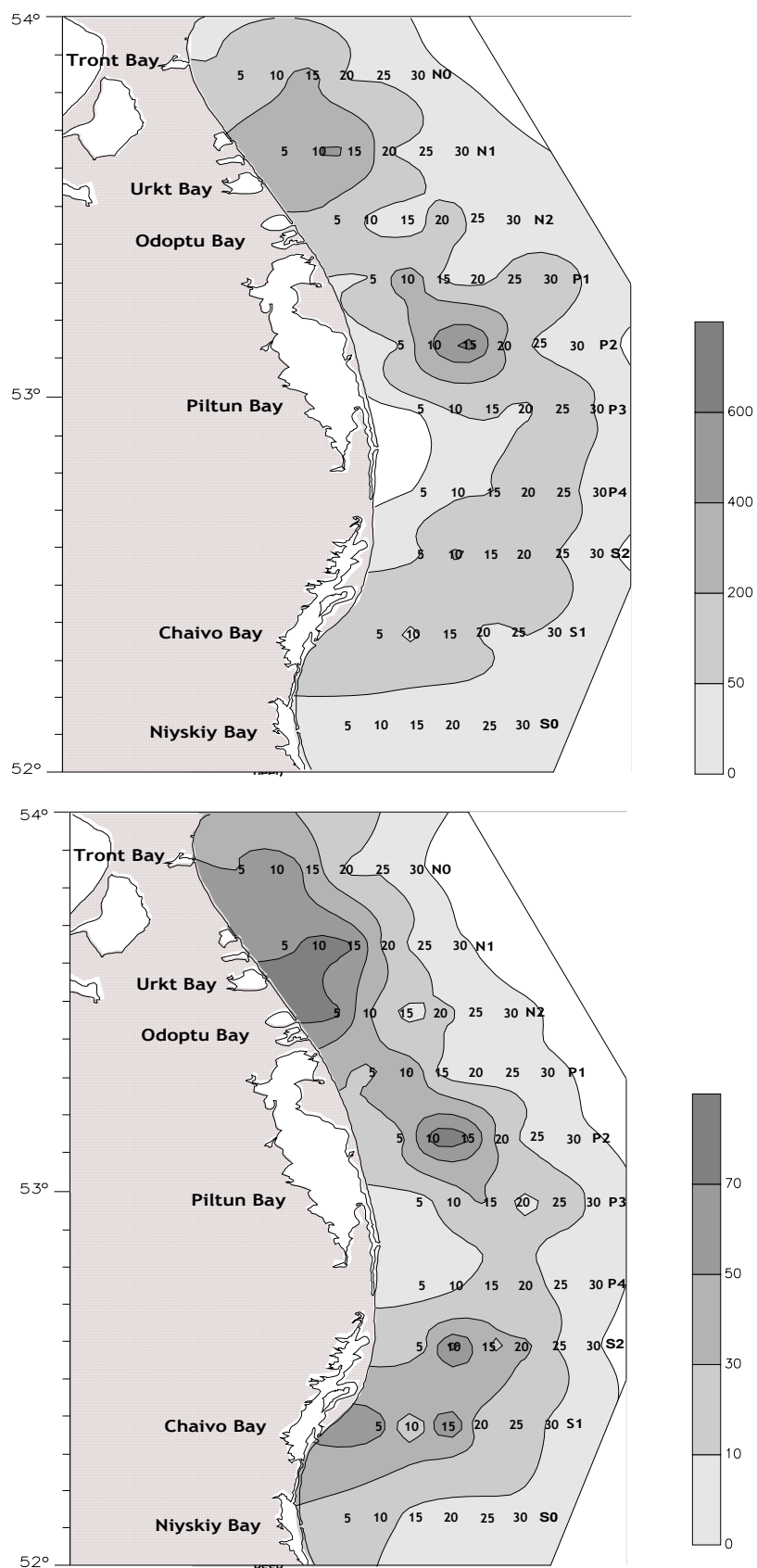


Рис. 21. Распределение биомассы (г/м²) двустворчатых моллюсков (вверху) и их относительной доли (%) в общей биомассе макробентоса (внизу)

Megangulus luteus. Моллюск *Macoma lama* имеет примерно равную биомассу во всем диапазоне глубин. Один вид – *Spisula voyi* (= *Mactromeris polynyma*) минимальную биомассу имеет в диапазоне 5-15 м, глубже биомасса резко увеличивается. Пространственное распределение биомассы двустворчатых моллюсков и их доля в суммарной биомассе бентоса по всей исследованной акватории представлено на рис. 21.

Одна из важных характеристик бентосных животных – характер пространственного распределения (*регулярное, случайное или агрегированное*). Достаточно представительная выборка количественных проб ($n = 192$) позволяет оценить характер пространственного распределения массовых видов макрозообентоса*. Для двустворчатых моллюсков получены следующие значения индекса дисперсии: *Siliqua alta* – 10,2; *Macoma lama* – 12,3; *Megangulus luteus* – 8,1; *Spisula voyi* – 22,3. Во всех случаях мы имеем дело с агрегированным распределением особей 4 массовых видов Bivalvia. Экологические последствия этого будут рассмотрены ниже.

4.2.3.2. Биомасса многощетинковых червей (*Polychaeta*).

Как отмечалось выше, из 41 вида полихет, имеющих $P > 10\%$, только один вид – *Onuphis shirikishinaiensis* имеет частоту встречаемости более 50%. Еще один вид – *Scoloplos armiger* встречен в 30% проб. Средняя биомасса полихет составила для всей акватории $23,9 \pm 4,7$ г/м². Доля полихет в суммарной биомассе макробентоса во всех трех районах относительно стабильна – от 6,9% до 12,2%. Как следует из рис. 17, 18 и 24 во всех трех районах, как и во всей исследованной акватории, полихеты имеют близкие значения биомассы на всех глубинах. В южном районе биомасса полихет составляет 10,2 г/м², в среднем районе – 38,4 г/м², северном – 23,3 г/м² (ошибка средней – 22,1%, 19,6% и 18,6% соответственно).

Распределение самого массового вида полихет – *O. shirikishinaiensis* по глубинам приведено на рис. 23. Биомасса этого вида резко уменьшается с глубиной. В районе зал. Пильтун биомасса достигает в среднем 107 г/м² на глубине 5 м, а на 20 м – менее 13 г/м².

* Из множества индексов агрегированности, применяемых в настоящее время, мы использовали один из наиболее простых, но достаточно надежно интерпретируемых – индекс дисперсии [23]. Индекс дисперсии $I_D = s^2 / x_m$, где s^2 – дисперсия выборки, x_m – выборочная средняя. При $I = 0$ вид имеет максимально регулярное распределение; при $I = 1$ – случайное, максимальная степень агрегированности наблюдается при $I = \sum x$. Отметим, что подавляющее число донных животных имеет агрегированное распределение, случайное, а тем более, регулярное распределение особей – редкое исключение из правила.

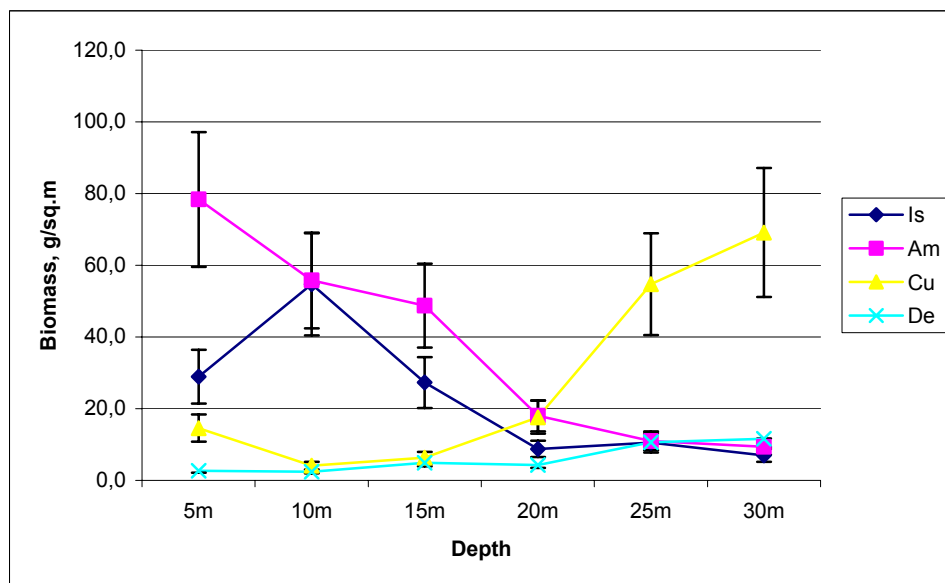


Рис. 22. Изменение биомассы 4 групп ракообразных по глубинам

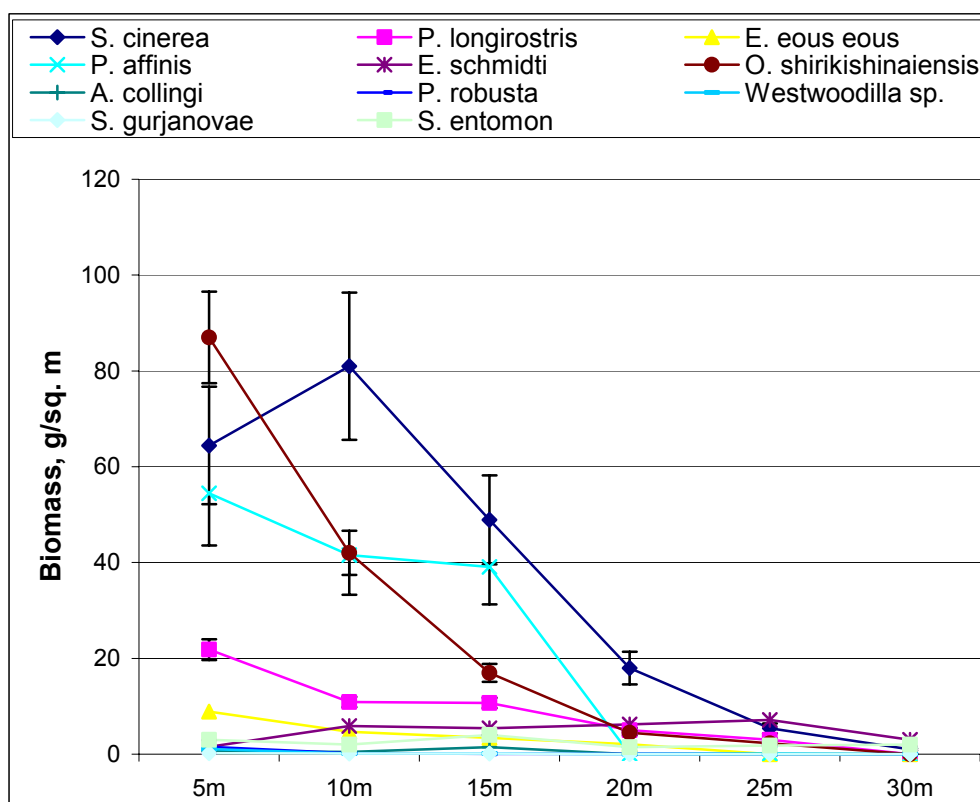


Рис. 23. Распределение биомассы массовых видов макробентоса по глубинам

Сокращения названий: 8 видов амфипод - *Pontoporeia affinis*, *Atylus collingi*, *Synchelidium gurjanovae*, *Pontharpinia longirostris*, *P. robusta*, *Eogammarus schmidt*, *Eohaustorius eous eous*, *Westwoodilla sp.*; 2 вида изопод – *Synidotea cinerea*, *Saduria entomon*; 1 вид полихет – *Onuphis*

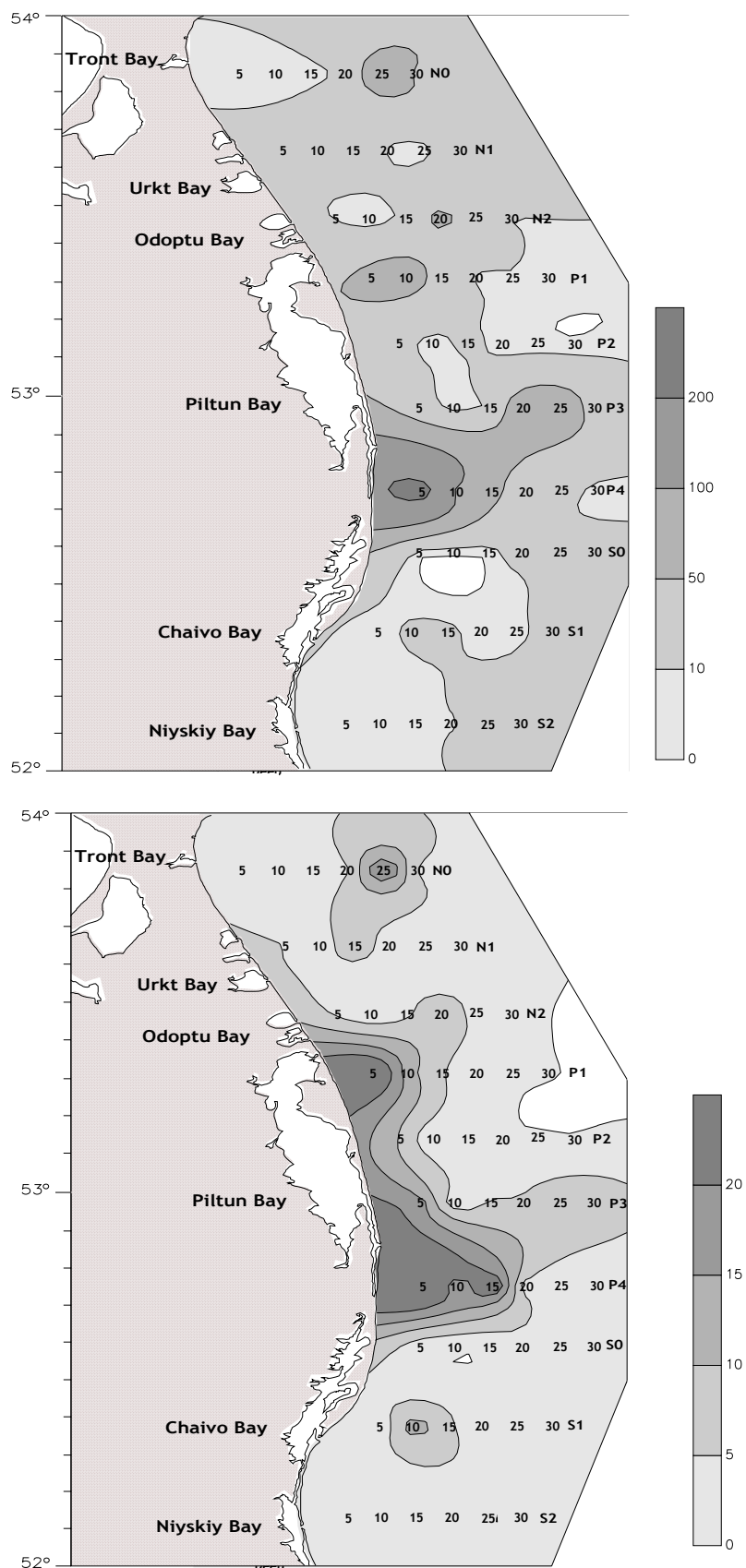


Рис. 24. Распределение биомассы (г/м^2) многощетинковых червей (вверху) и их относительной доли (%) в общей биомассе макробентоса (внизу)

Результаты водолазных работ однозначно свидетельствуют, что этот вид является мощным эдификатором среды в районе зал. Пильтун. На ряде станций в диапазоне глубин от 5 до 10 м были отмечены мозаичные участки (по визуальным оценкам водолазов площадь этих участков составляет в среднем от 3 до 5 кв. м) с плотностью поселения от нескольких сотен до нескольких тысяч экз. на кв. м. дна. Максимальная плотность поселения – более 7000 экз/м² при биомассе 960 г/м² отмечена на разрезе РЗ на глубине 5 – 6 м.

Onuphis shirikishinaiensis (сем. *Onuphidae*) обитает в трубках, при этом от других видов полихет, имеющих трубки, этот вид отличается тем, что при необходимости может покидать трубки и строить новые [24]. По способу питания этот вид относится к седиментаторам, то есть, приурочен к участкам с активной гидродинамикой [25]. Вероятно, что именно эта способность позволила этому виду заселить гидродинамически активные участки нестабильных мелкопесчаных грунтов на небольших глубинах. Трубки этого вида имеют диаметр до 5-6 мм, длина трубок до 15 см*. Средний вес особей этого вида составил 0,137±0,06 г. Из грунта трубки выступают на 3-4 см, т.е. на поверхности осадка образуется своеобразный "лес" из трубок - трубчатые маты (= tube mats в англоязычной литературе). Среди трубок отмечены высокие плотности поселения изопод и амфипод, т.е. ракообразные активно используют поселения полихет в качестве убежища (**Фото 3**). Кроме этого, в трубчатых матах полихет происходит аккумуляция детрита, который служит пищей детритоядным видам изопод и амфипод.

Таким образом, *Onuphis shirikishinaiensis* – мощный эдификатор среды. Трубчатые маты этих полихет стабилизируют осадок и создают условия для обитания в гидродинамически активных участках другим животным, в частности, ракообразным и другим видам полихет. Из полихет, встреченных в трубчатых матах *O. shirikishinaiensis*, отметим *Scoloplos armiger* (P = 29%), *Nephtys caeca* (P = 21%), *Eteone longa* (P = 18%), *Travisia forbesii* (P = 18%). Индекс дисперсии для *O. shirikishinaiensis* достигает 188,6, что свидетельствует о высокой степени агрегированности распределения этого вида.

*Конструкция водолазного дночерпателя делает возможным даже на плотных песчаных грунтах отбирать пробы осадка до глубины 15-20 см от поверхности, что позволило учесть биомассу и численность полихет. Иное происходит при использовании на плотных грунтах дночерпателей (**Фото. 2**). В дночерпательной пробе присутствует большое количество пустых трубок полихет длиной 3-4 см (на эту высоту трубки выступают над грунтом), но ни одной особи полихет в пробе нет. На плотных грунтах дночерпатель просто срезает выступающие части трубок. При этом животные, приуроченные к трубчатым матам полихет (амфиподы и изоподы), учитываются вполне удовлетворительно (**Фото 3**). Таким образом, недостаточная эффективность работы дночерпателей на плотных песчаных грунтах мелководной зоны приводит к выделению здесь сообществ состоящих из одних ракообразных: амфипод и изопод.



Фото 2. Пустые трубки полихет *Onuphis shirikishinaiensis*. Длина трубок 3-4 см. (утяжеленная модель дночерпателя Петерсена; трансекта Р 3; глубина 10 м; плотный мелкий песок с песчаными волнами на поверхности)



Фото 3. Фауна, приуроченная к трубчатым матам *Onuphis shirikishinaiensis* (амфиподы – 12 видов, доминируют - *Pontoporeia affinis*, *Eohaustorius eous eous*, *Pontharpinia longirostris*, *Eogammarus schmidtii*, *Atylus collingi*, *Pontharpinia robusta*, *Synchelidium gurjanovae* и *Westwoodilla* sp.; изоподы *Synidotea cinerea*; молодь двустворчатого моллюска *Siliqua alta*)

4.2.3.3. Биомасса ракообразных (*Crustacea*).

Наибольший интерес с точки зрения изучения питания серого кита в исследованной акватории представляют ракообразные – изоподы, амфиподы, десятиногие раки и кумовые. Значение этих групп в питании калифорнийско - чукотской популяции серых китов достаточно подробно рассмотрено в литературе [22,64,70]. Сведения по распределению ракообразных в зоне нагула охотско-корейской популяции отсутствуют, за исключением сведений по видовому составу массовых видов [26]. Суммарная доля ракообразных в биомассе макробентоса составляет 41,2% в южном районе, 45,1% - в среднем и 35,5% - в северном (рис. 19). На рис. 16 приведено распределение биомассы 4 групп раков по глубинам во всей исследованной акватории. Наблюдается три типа изменения биомассы с увеличением глубины. Амфиподы и изоподы имеют максимальную биомассу в диапазоне 5-15 м, глубже 20 м происходит ее резкое уменьшение. Противоположным образом изменяется биомасса кумовых раков. Она минимальна на глубинах до 20 м, но с увеличением глубины происходит резкое увеличение биомассы. Биомасса декапод примерно одинакова на всех глубинах. В среднем для всей акватории биомасса ракообразных составляет $90,3 \pm 14,6$ г/м² (в южном районе – 50,6 г/м², среднем – 136,4, северном – 83,9 г/м²). В табл. 12 приведен средний вес особей массовых видов ракообразных. Пространственное распределение суммарной биомассы ракообразных и их доля в биомассе макробентоса приведено на рис. 25.

Десятиногие раки (*Decapoda*). Отметим, что количественный учет декапод представляет значительные трудности. Всего в количественных сборах обнаружено 4 вида – 2 вида раков-отшельников, молодь краба *Hyas coarctatus* и креветка *Crangon septemspinosa*. При проведении водолазных работ первые три вида учитывались при сборе крупного эпибентоса с учетной площади 5 м².

Водолазный дночерпатель имеет мешок из капронового газа с отверстиями 0,1 мм и при отборе проб выполняет, кроме функции отбора донного осадка, еще и функцию эпибентосной сетки площадью 0,025 м². В большинстве случаев креветка *Crangon*, находившаяся на поверхности грунта или в поверхностном слое грунта, попадала в дночерпатель. Естественно, что видовое богатство десятиногих раков рассматриваемой акватории значительно больше, чем обнаружено нами.

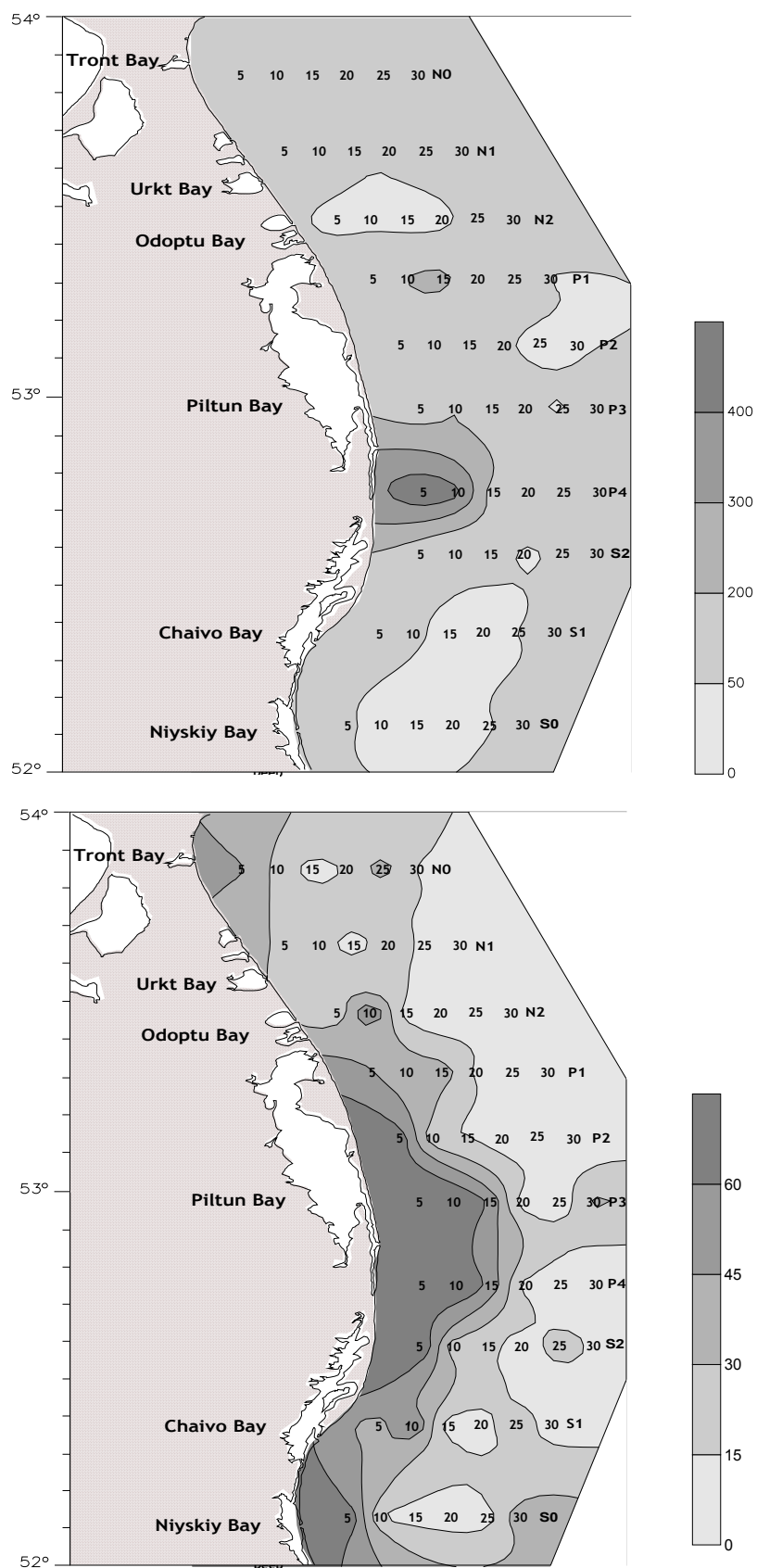


Рис. 25. Распределение биомассы (г/м²) ракообразных (вверху) и их относительной доли (%) в общей биомассе макробентоса (внизу)

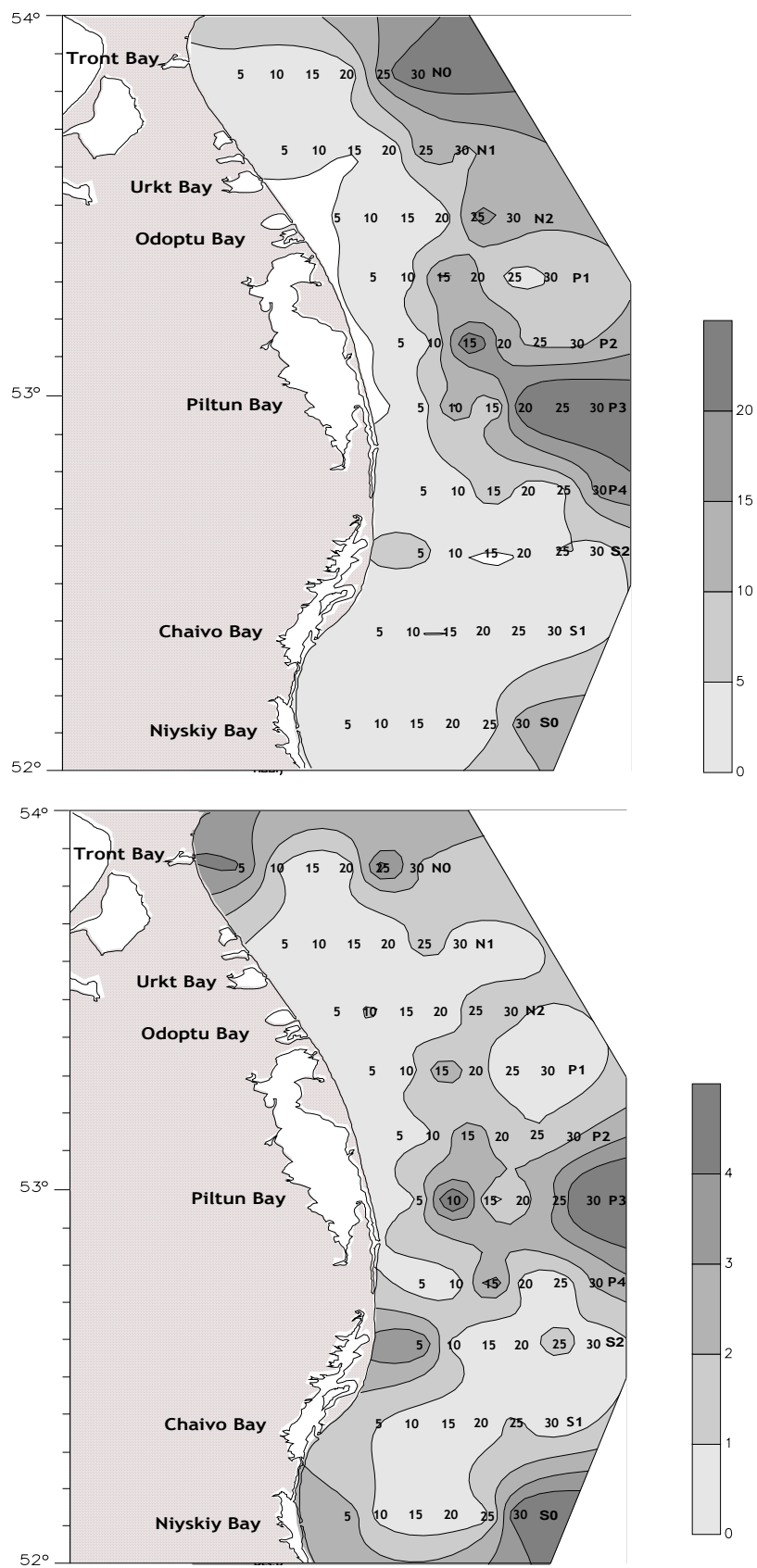


Рис. 26. Распределение биомассы (г/м²) десятиногих раков (вверху) и их относительной доли (%) в общей биомассе макробентоса (внизу)

Отметим, что креветки *Crangon septemspinosa* встречены во всех трех районах на песчанистых грунтах практически на всех исследованных глубинах. Но ни в одном районе их частота встречаемости не превышала 15% от общего числа проб. Молодь крабов обнаруживалась в наибольшем количестве на гравийно-галечных грунтах среди губок, мшанок и гидроидов. Ни в одном из трех изученных районов скоплений молоди этого краба не отмечалось. Распределение биомассы ракообразных приведено на рис. 26.

Равноногие раки (*Isopoda*). Относительная доля изопод в суммарной биомассе макробентоса в южном и северном районах близка - 6,1% и 7,1%, и несколько выше в среднем районе - 14,1% (рис. 19). Средняя биомасса для всей акватории составляет $22,9 \pm 6,3$ г/м². Наибольшую среднюю биомассу изоподы имеют в среднем районе - 42,6 г/м², в южном и северном - 9,0 г/м² и 28,8 г/м² соответственно. Наибольшие значения биомассы изопод отмечены на глубинах 5 - 15 м (от 27,3 до 54,7 г/м²), в диапазоне 20-30 м биомасса резко уменьшается и составляет от 7,0 до 10,5 г/м² (рис. 22, 27).

Из трех видов изопод, обнаруженных в наших сборах, один вид - *Synidotea bicuspidata* (P = 12%) в количественных пробах представлен единичными особями и существенной роли в обилии изопод не играет. Крупная изопода *Saduria entomon* (средний вес особей составил 2,09 г - табл. 12) имеет частоту встречаемости 22% (в среднем районе - 25%). Биомасса этого вида во всем диапазоне глубин от 5 до 30 м изменяется незначительно - от 1,5 г/м² до 4 г/м². Этот вид изопод по типу питания относится к хищникам-трупоедам.

Наибольшее значение в биомассе изопод играет *Synidotea cinerea*. Эта изопода имеет максимальную из всех видов макробентоса частоту встречаемости по всей акватории - 86%. Наибольшие значения биомассы этот вид имеет на глубинах до 15 м, с увеличением глубины биомасса резко уменьшается. Глубже 25 м *S. cinerea* встречалась единично (рис. 23). Эта изопода по типу питания относится к детритофагам, наибольшая плотность поселения вида приурочена к трубчатым матам полихеты *O. shirikishinaiensis*, в которых происходит аккумуляция детрита. Здесь отмечена максимальная плотность поселения *S. cinerea* - более 5000 экз/м² при биомассе более 90 г/м². Значение индекса агрегированности (I = 156) показывает высокую степень агрегированности.

Разноногие раки (*Amphipoda*). В исследованной акватории амфиподы имеют наибольшее из всех групп бентоса видовое богатство - 53 вида. Из них 10 видов имеют частоту встречаемости более 25%, 3 вида - более 50%. Средняя биомасса амфипод

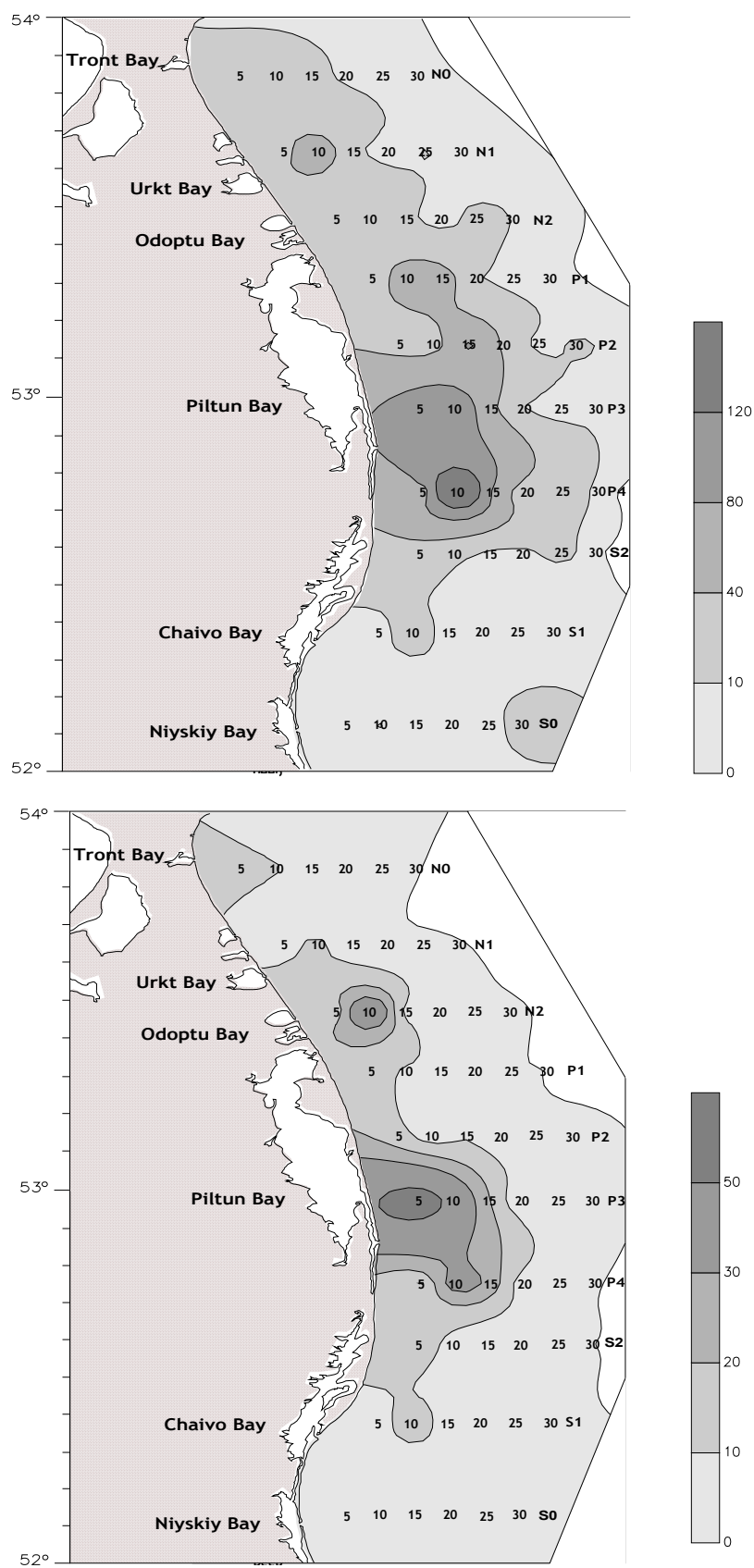


Рис. 27. Распределение биомассы (г/м^2) изопод (вверху) и относительной доли амфипод (%) в общей биомассе макробентоса (внизу)

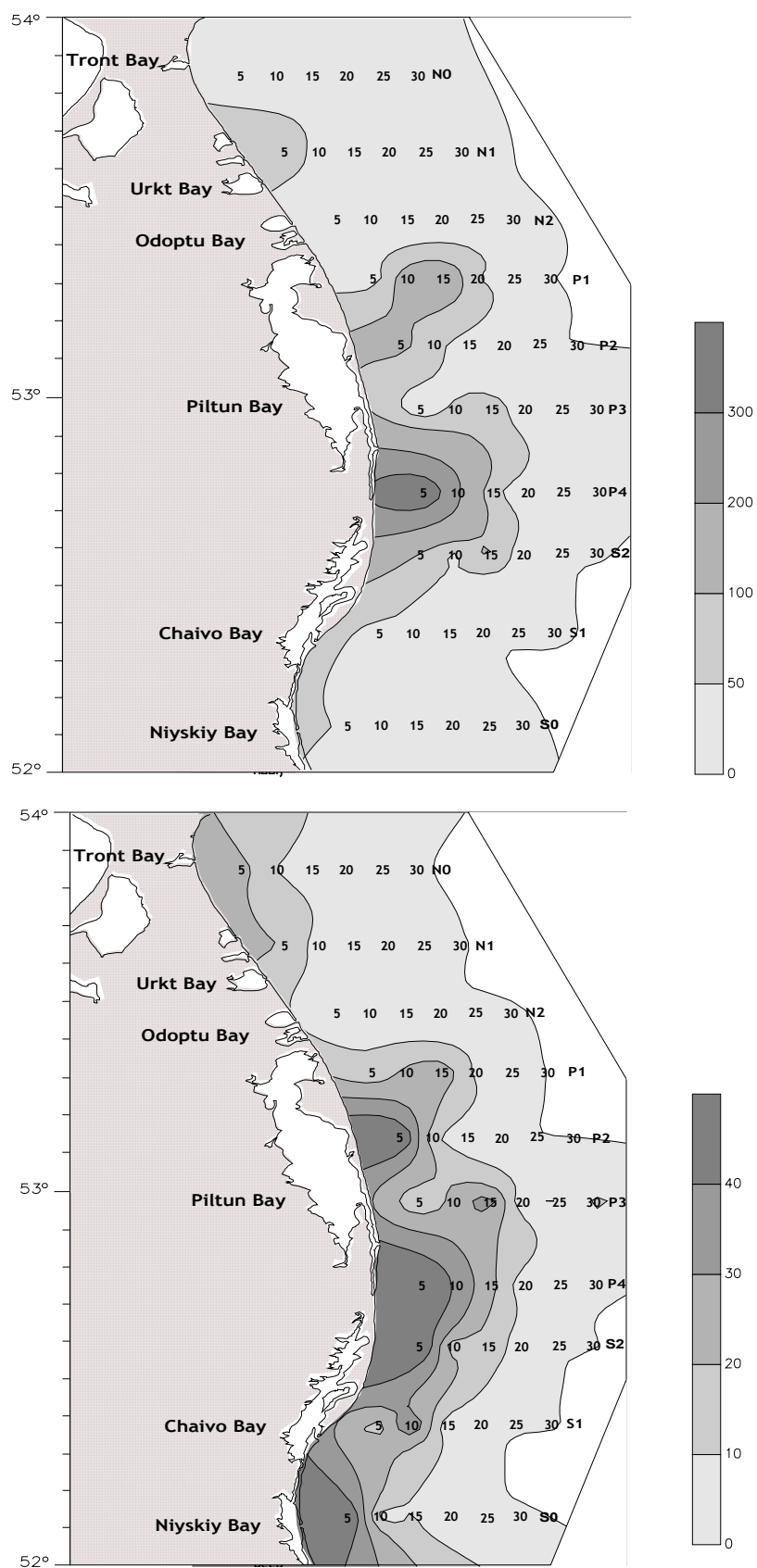


Рис. 28. Распределение биомассы (г/м^2) амфипод (вверху) и относительной доли амфипод (%) в общей биомассе макробентоса (внизу)

по акватории составляет $36,9 \pm 9,7$ г/м². Наибольшая средняя биомасса амфипод наблюдается в районе зал. Пильтун – $66,7 \pm 15,7$ г/м², в южном и северном районах – 24,6 и 17,9 г/м² соответственно. Относительная биомасса амфипод (рис. 19) изменяется от 8,2% в северном районе до 16,7% в южном районе. Максимальная доля амфипод в общей биомассе бентоса (22,1%) отмечена в среднем районе (рис. 28).

Биомасса амфипод в целом по акватории плавно уменьшается от 78,4 г/м² на глубине 5 м до 9,4 г/м² на 30 м. Эта тенденция наблюдается также и в пределах отдельных районов. Однако в количественном обилии амфипод на глубинах до 15 м наблюдаются существенные отличия. Так, средняя биомасса в районе зал. Пильтун достигает 114,1 г/м², в южном районе – 44,5 г/м², в северном – 24,3 г/м². На глубинах 20 – 30 м биомасса амфипод во всех районах сходна и составляет менее 10 г/м².

Среди видов амфипод с частотой встречаемости более 25% наибольшие значения биомассы имеют 8 видов: *Pontharpinia longirostris*, *Eohaustorius eous eous*, *Pontoporeia affinis*, *Eogammarus schmidtii*, *Atylus collingi*, *Pontharpinia robusta*, *Synchelidium gurjanovae* и *Anonyx nugax pacificus*. Изменение биомассы этих видов с глубиной представлено на рис. 23. С увеличением глубины биомасса этих видов уменьшается. Наиболее значительные изменения в биомассе амфипод происходят на глубинах 15-20 м. Так, средняя биомасса *P. affinis* на глубинах 5-15 м составляет 42,5 г/м² и резко уменьшается до 0,12 г/м² на глубине 20-25 м. Сходный характер изменения биомассы с глубиной имеют и другие массовые виды: *P. longirostris*, *E. eous eous*.

Значения индекса дисперсии показывают агрегированный характер распределения массовых видов амфипод. Так, для *Pontoporeia affinis* он равен 231,4, для *E. eous eous* – 218,6. Основная часть массовых видов амфипод наибольшие значения плотности поселения и биомассы имеют в трубчатых матах *O. shirikishinaiensis*.

Размерный состав амфипод. Амфиподы являются важнейшим компонентом питания серых китов. Для оценки пополнения поселений амфипод молодью был проведен анализ размерного состава 6 массовых видов. Рассчитаны статистические показатели размерного состава (Приложение 8; Табл. П8.1) и гистограммы распределения длины тела амфипод (Приложение 8; Рис. П8.1 и Рис. П8.2). Для каждого вида амфипод было промерено не менее 200 экз. Анализ гистограмм показывает, что для всех видов характерно наличие значительной доли молодых особей. Это свидетельствует об отсутствии негативного воздействия на поселения амфипод.

Кумовые раки (Cumacea). Средняя биомасса кумовых раков для всей акватории составляет $27,8 \pm 7,9$ г/м² при частоте встречаемости в акватории – 26%. По районам средняя биомасса изменяется от 17 до 37 г/м² (табл. 9-11).

Таблица 12

Средний вес особей амфипод (Am), изопод (Is) и кумовых раков (Cu)

Код	Вид	N	Средний вес особи, г	Код	Вид	N	Средний вес особи, г
Is	<i>Saduria entomon</i>	111	2,087	Am	<i>Pontharpinia longirostris</i>	272	0,009
Am	<i>Ampelisca eschrichti</i>	98	0,134	Cu	<i>Diastilis bidentata</i>	5870	0,008
Am	<i>Anonyx nugax pacificus</i>	35	0,103	Am	<i>Eohaustorius eous eous</i>	1082	0,007
Am	<i>Eogammarus schmidtii</i>	131	0,101	Am	<i>Atylus collingi</i>	327	0,006
Am	<i>Boeckosimus derjugini</i>	49	0,097	Am	<i>Orchomenella japonica</i>	56	0,006
Is	<i>Synidotea bicuspidata</i>	67	0,092	Am	<i>Protomedeia microdactyla</i>	32	0,004
Is	<i>Synidotea cinerea</i>	2198	0,020	Am	<i>Orchomenella pinguis</i>	12	0,004
Am	<i>Anisogammarus pugettensis</i>	212	0,018	Am	<i>Orchomenella gurjanovae</i>	46	0,003
Am	<i>Pontoporeia affinis</i>	3745	0,014	Am	<i>Protomedeia macrocarpa</i>	37	0,003
Am	<i>Pontharpinia robusta</i>	122	0,014	Am	<i>Synchelidium gurjanovae</i>	51	0,002
Am	<i>Monoculodes crassirostris</i>	154	0,009	Am			

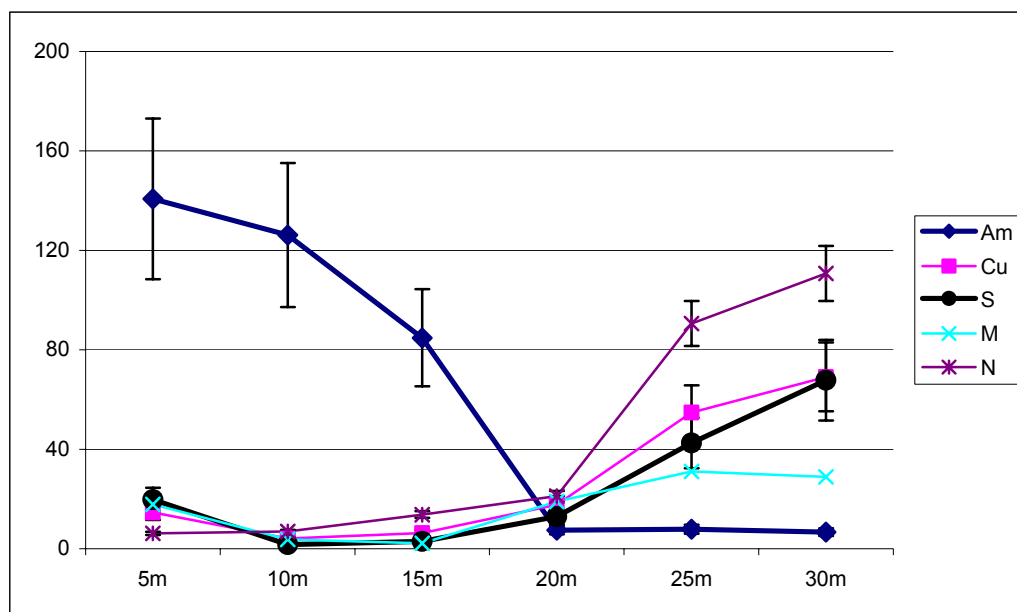


Рис. 29. Изменение биомассы (г/м²) амфипод и кумовых раков по глубине

Am – средняя биомасса амфипод в акватории, Cu – средняя биомасса кумовых раков в акватории;

Биомасса кумовых в районах: S – южный, M – средний, N – северный.

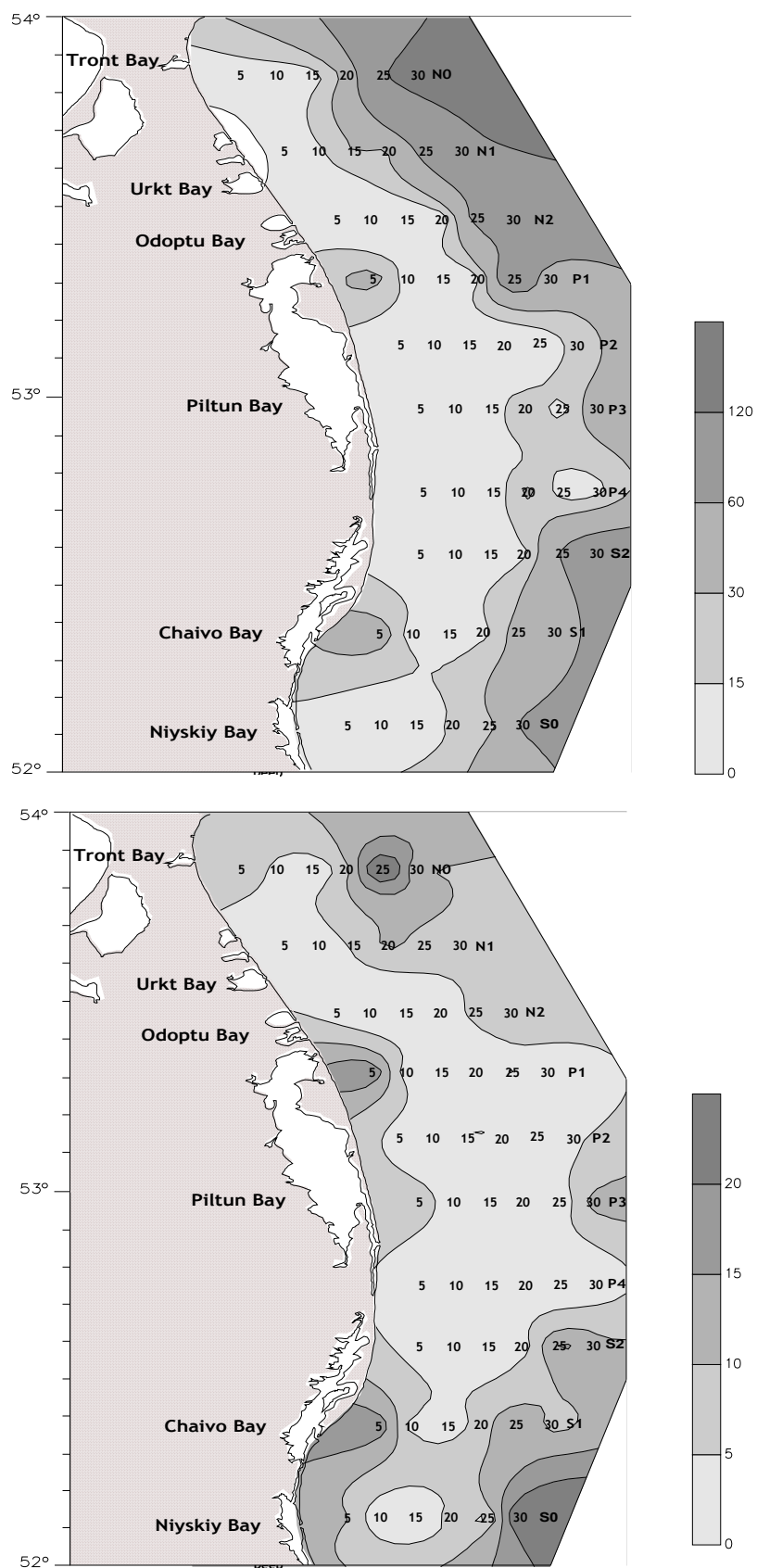


Рис. 30. Распределение биомассы (г/м^2) кумовых раков (вверху) и относительной доли кумовых раков (%) в общей биомассе макробентоса (внизу)

Более существенные изменения биомассы кумовых происходят с увеличением глубины, как по всей акватории, так и в отдельных районах (рис. 29, 30).

Показательно, что биомасса амфипод и кумовых изменяется в противофазе – средняя биомасса амфипод с глубиной уменьшается, кумовых – возрастает. Наиболее резкие изменения наблюдаются на глубине 20 м (рис. 29). Максимальная плотность поселения кумовых отмечена в зоне массового развития плоских ежей в диапазоне 25-30 м – до 92000 экз/м². Отметим, что закономерной связи между численностью или биомассой в пробах плоских ежей и кумовых не наблюдается. На большинстве станций плоские ежи и кумовые встречаются совместно. При этом, на одной и той же станции в отдельных пробах могут встречаться плоские ежи + кумовые, только плоские ежи или только кумовые. Число проб с кумовыми раками без плоских ежей не превышает 5% от общего числа проб в диапазоне 25-20 м (n = 56 проб). В тех случаях, когда кумовые встречаются без плоских ежей, их плотность поселения может достигать нескольких десятков тыс. экз/м² (максимальное значение в наших сборах – более 92000 экз/м²; **Фото 4**). Это свидетельствует об агрегированности распределения плоских ежей и кумовых раков. Индекс дисперсии для кумовых равен 298,7, что свидетельствует о высокой степени агрегированности микрораспределения. Во всей акватории отмечено 3 вида кумовых: *Diastylis bidentata*, *Diastylopsis dowsoni*, *Lamprops quadriplicata*. Два последних вида встречаются до глубины 15-20 м с $P < 10\%$ и существенного значения в суммарной биомассе кумовых не имеют.

4.2.3.4. Биомасса иглокожих (*Echinodermata*).

В исследованной акватории отмечено только три вида иглокожих: 2 вида офиур и плоский морской еж *Echinarachnius parma* (Приложение 5). Офиуры в количественных пробах не обнаружены. *E. parma* является доминирующим видом в акватории на глубинах более 15-20 м (табл. 9-11, рис. 16, 18, 31). На этих глубинах на долю этого вида приходится до 97% суммарной биомассы. Сообщество плоских ежей широко распространено в всех дальневосточных морях.

По данным Аверинцева [27], в районе северо-восточного Сахалина на глубинах 15-120 м существует гигантская широкобореальная ассоциация плоского морского ежа *Echinarachnius parma*, занимающая у восточного Сахалина площадь около 13 тыс. км², т.е. около 40 % площади шельфа. Сообщество *E. parma* приурочено к мелким песчаным грунтам и заиленным пескам, где имеются придонные течения с достаточно большими скоростями [28]. По мере снижения скорости течения к югу вдоль шельфа Восточного Сахалина и увеличения заиленности грунтов

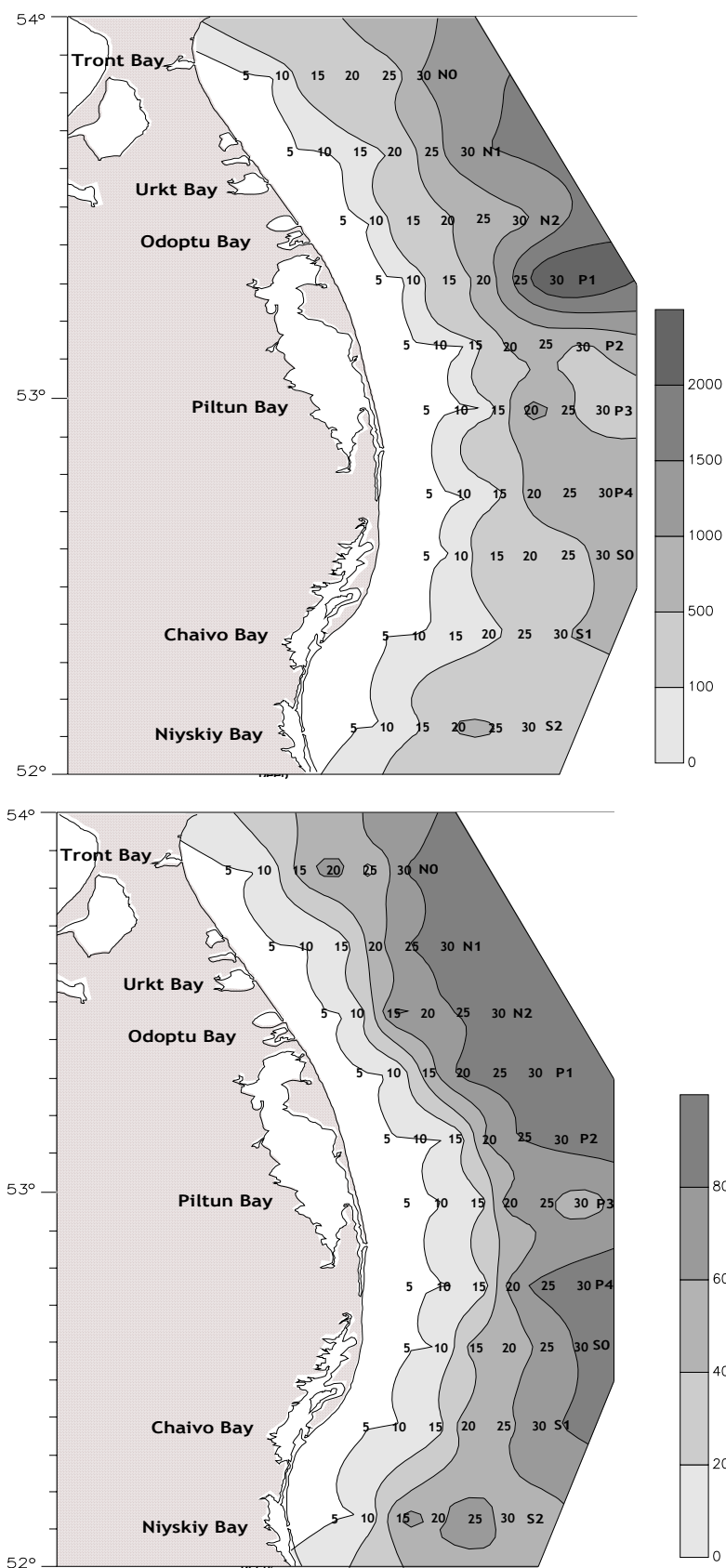


Рис. 31. Распределение биомассы (г/м^2) плоских ежей *E. parma* (вверху) и их относительной доли (%) в общей биомассе макробентоса (внизу)

ежа заменяют другие виды. Как отмечает А.П. Кузнецов [29], подвижные сестонофаги (плоский морской еж, некоторые амфиподы и двустворчатые моллюски) поселяются преимущественно на песках - крупных алевритах, с содержанием органики 0.5-1.0 % и с концентрацией взвеси в придонном слое около 20 мг/л. По наблюдениям, выполненным 1995-1996 гг., содержание взвеси в толще воды изменялось от 0.93 до 11.8 мг/л, при этом преобладала взвесь биологического происхождения [16, 17].

Значительные площади дна, занятые сообществом *E. parma*, обнаружены на западно-камчатском шельфе [30], причем, как отмечают исследователи, северная граница ареала *E. parma* продвинулась к северу более, чем на 20 миль. Причину таких изменений связывают с косвенным антропогенным влиянием - чрезмерным выловом камчатского краба и камбал (питающихся ежом), что привело к нарушению равновесия в системе «хищник-жертва».

На шельфе Японского моря (залив Петра Велико) сообщество плоского морского ежа отмечено на глубинах от 50 до 200 м. К.М. Дерюгин [31] по материалам исследований 30-х годов сообщает о группировке ежа на песчаном плато на глубине 67 м, входящей в состав биоценоза *Liocyma fluctuosa* + *Ampelisca macrocephala*. Сообщество *E. parma* широко распространено на шельфе япономорского побережья Сахалина [32]. Статистический анализ распределения *E. parma* показал, что этот вид приурочен к глубинам более 15 м и предпочитает стабильные средне- и мелкозернистые грунты с небольшой долей заиления [33].

Рассматривая распределение *E. parma* по глубинам в исследованной акватории, необходимо отметить, что в диапазоне 15-20 м находится граница зоны массового развития ежей. Начиная с этих глубин плоские ежи начинают доминировать по биомассе над другими видами макробентоса. При водолазных учетах по 5-метровой трансекте (площадь учета = 5 м²) *E. parma* неоднократно отмечался на глубинах 5 и 10 м во всех трех районах в незначительных количествах или единично. В более чем 40% случаях, ежи были представлены мелкими особями (**Фото 5**). Плотность ежей здесь составляла от 1 до 4 экз. на учетную площадку 5 м² (0,1 – 0,8 экз/м²). При такой плотности поселения вероятность попадания ежей в дночерпательную пробу чрезвычайно мала.

Таким образом, распределение плоских ежей имеет скорее континуальный, чем дискретный характер. Достаточно четкая граница в диапазоне 15-20 м



Фото 4. Кумовые раки *Diastylis bidentata*
(водолазный дночерпатель; трансекта N1, глубина 25 м,
средний песок + гравий)



Фото 5. Молодь плоских ежей в пробе с глубины 5 м
(Ежи собраны на учетной площадке 1 м², остальные животные –
водолажным дночерпателем; трансекта Р1, глубина 5 м, мелкий песок)

определяются большей вероятностью попадания ежей в дночерпатель, в силу более высокой плотности поселения ежей на этих глубинах, т.е. граница носит в значительной степени вероятностный характер. Из этого следует, что простое присутствие или отсутствие плоских ежей в районе не является доказательством пригодности, или непригодности участка для питания серых китов. Можно предположить, что основным фактором, определяющим границу массового развития плоских ежей в акватории, является стабильность осадка. В свою очередь, стабильность грунта определяется его гранулометрическим составом, гидродинамической активностью акватории и скоростью придонных течений [25].

Микрораспределение плоских ежей имеет высокую степень агрегированности (индекс дисперсии $I = 312,8$). Некоторые изменения в пространственном распределении плоских ежей, произошедшие за период с 1992 по 2001 гг., рассмотрены в разделе 4.4.3.

4.2.4. Оценка сходства районов и глубин по суммарной биомассе и калорийности бентоса

4.2.4.1. Биомасса

Выше было рассмотрено распределение биомассы отдельных таксономических групп по всей акватории и по отдельным районам. Представляется интересным оценить сходство районов по соотношению биомасс таксономических групп на отдельных глубинах. Анализировалась матрица: Биомасса 7 таксономических групп (*Bivalvia*, *Isopoda*, *Amphipoda*, *Decapoda*, *Cumacea*, *Polychaeta*, *Echinodermata*) \times 6 диапазонов глубин (5-10-15-20-25-30 м) \times 3 района (южный, средний, северный). Использовали иерархический кластер-анализ (построение дендрограммы – метод Уорда, мера сходства – нормированный коэффициент корреляции Пирсона). Дендрограмма, иллюстрирующая результаты анализа, приведена на рис. 32.

Все диапазоны глубин в районах по сходству количественного обилия таксономических групп бентоса объединены в два больших кластера. В первый кластер вошли все участки трех районов с глубинами более 20 м и участки на глубине 15 м в северном и южном районе. Во второй кластер объединены участки с глубинами 5 - 10 м из всех районов и участок на глубине 15 м среднего района. Таким образом, во всей акватории по сходству структуры биомасс таксономических групп достаточно четко выделяются два диапазона глубин: один охватывает глубины 5-15 м, другой – 20-30 м.

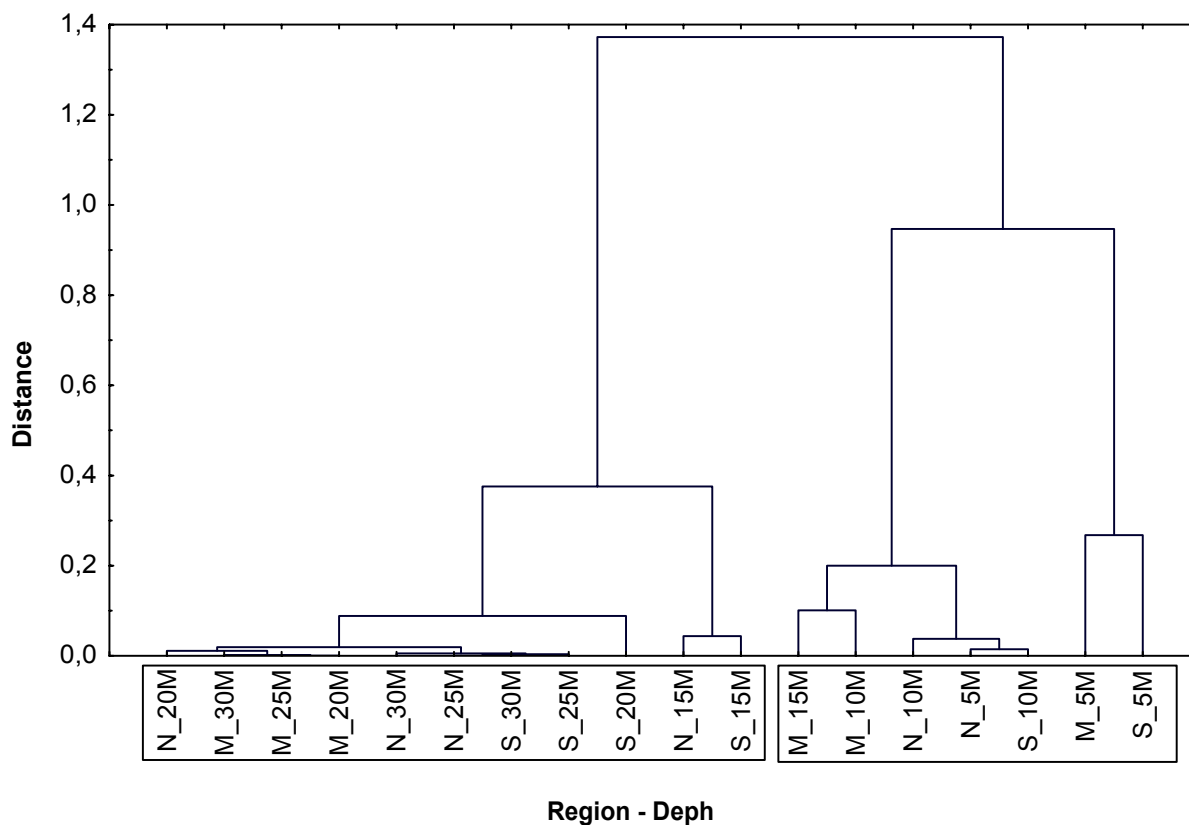


Рис. 32. Дендрограмма сходства по биомассе таксономических групп бентоса 6 диапазонов глубин в районах
 Районы: S – южный, M – средний, N – северный.

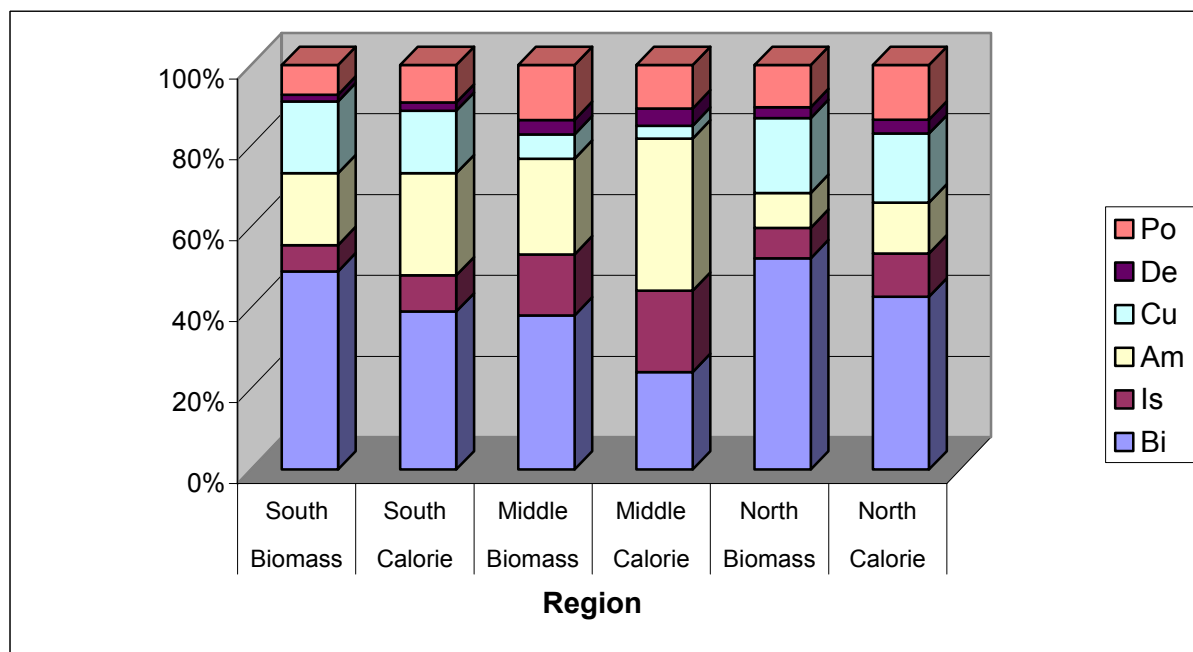


Рис. 33. Соотношение (в %) биомассы (г/м^2) и калорийности (Ккал/м^2) таксономических групп в трех районах в зоне песчаных грунтов на 5-15 м

Во всех районах на глубине 15 м бентос имеет переходный характер, при этом, в среднем районе бентос на 15 м более сходен с участками этого района на 10 м, а в южном и северном - с участками на глубинах более 20 м.

4.2.4.2. Калорийность

Известно, что по энергетической ценности донные беспозвоночные различных таксономических групп значительно различаются, что связано, прежде всего, с различиями в биохимическом составе организмов. К настоящему времени накоплено достаточно много информации по калорийности морского бентоса, включая данные по видам, обнаруженным в рассматриваемой акватории [34 – 40]. На основе литературных данных, нами рассчитаны усредненные энергетические эквиваленты (Ккал/гсырого веса) биомассы основных групп: *Amphipoda* - $0,98 \pm 0,04$ Ккал/г, *Isopoda* – $0,95 \pm 0,04$ Ккал/г, *Polychaeta* – $0,87 \pm 0,06$ Ккал/г, *Decapoda* – $0,86 \pm 0,04$ Ккал/г, *Cumacea* – $0,6 \pm 0,05$ Ккал/г, *Bivalvia* – $0,55 \pm 0,06$ Ккал/г, *Echinodermata* – $0,24 \pm 0,05$ Ккал/г. Исходя из этих величин, была рассчитана калорийность каждой таксономической группы в суммарной биомассе бентоса в районах.

На рис. 33 представлено соотношение в суммарной биомассе и калорийности 7 таксономических групп макробентоса в трех районах на участках песчаных грунтов (глубины 5 - 15 м), т.е. в зоне вероятного питания серых китов.

Во всех районах наблюдается тенденция уменьшения доли двустворчатых моллюсков в суммарной калорийности макробентоса, по сравнению с долей в суммарной биомассе. Доля высококалорийных групп бентоса (ракообразные) в суммарной калорийности выше, чем в суммарной биомассе. Так, в южном районе доля ракообразных в суммарной калорийности бентоса составляет 51,7%, в среднем – 65,8%, северном – 43,8%. При этом, доля наиболее высококалорийных групп ракообразных – амфипод и изопод, наиболее высока в среднем районе (район зал. Пильтун) - 58, 3%. В южном (зал. Ныйский – зал. Чайво) и северном (зал. Одопту – зал. Тронт) районах доля амфипод и изопод в суммарной калорийности бентоса составляет только 34,2 и 23,3% соответственно.

Этот результат подтверждается и изменением суммарной калорийности таксономических групп по трем районам (рис. 21). В среднем районе абсолютные значения суммарной калорийности изопод и амфипод значительно выше, чем в южном и северном районах.

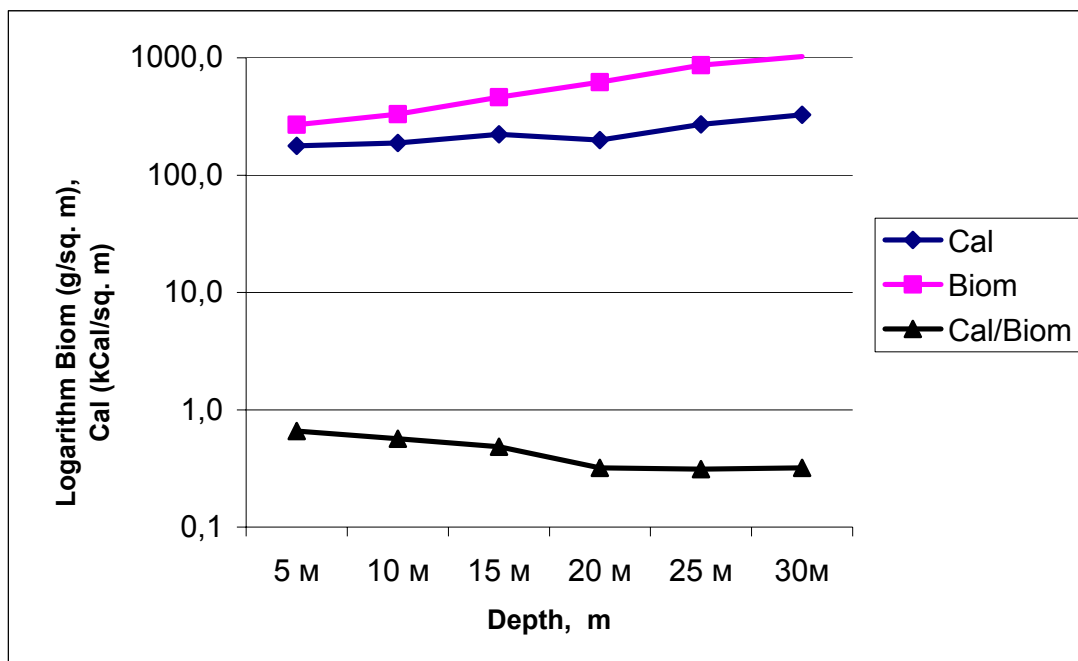


Рис. 34. Изменение по глубине суммарной биомассы (Biom, g/ m²), калорийности бентоса (Cal, kCal/ m²) и отношения "энергетической эффективности" биомассы (Cal/Biom)

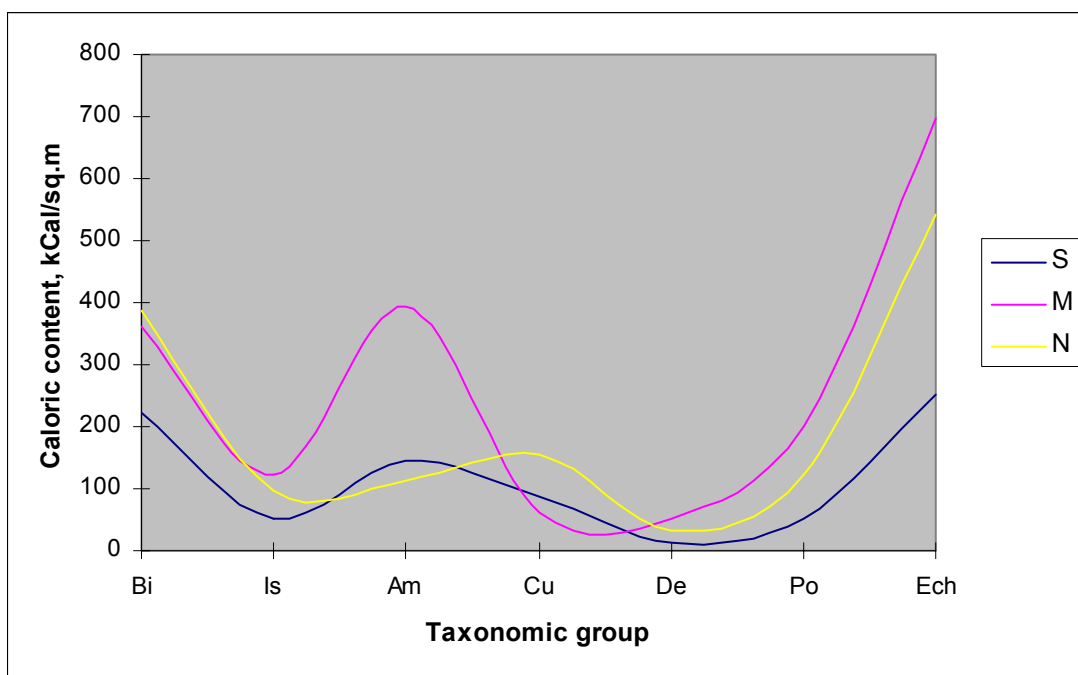


Рис. 35. Изменение суммарной калорийности 7 таксономических групп по районам
Районы: S – южный, M – средний, N – северный.

Выше мы оценивали сходство районов по соотношению биомасс таксономических групп макробентоса, что позволило выделить два горизонта глубин с различной структурой биомассы бентоса и переходный между ними горизонт. Используем аналогичный подход для анализа сходства районов по соотношению калорийности бентоса (рис. 36). Диапазоны глубин объединились в две группы. В одну группу вошли участки среднего района на глубинах 5-15 м, во вторую – участки южного и северного районов (диапазон глубин 5-15). Эти результаты подтверждают сделанный ранее вывод о том, что по суммарной калорийности макробентоса средний район наиболее специфичен. Как отмечалось ранее, для района зал. Пильтун характерно преобладание в биомассе высококалорийных групп макробентоса, прежде всего, амфипод и изопод.

Анализируя изменение по глубинам суммарной биомассы и калорийности макробентоса (рис. 31) можно отметить, что не смотря на низкую калорийность плоских ежей, на глубинах 20-30 м суммарная калорийность имеет достаточно высокие значения. Обусловлено это высокими значениями биомассы плоских ежей на этих глубинах – более 1000 г/м². Однако ясно, что для получения одного и того же количества энергии, например, 100 Ккал, необходимо потребить разное количество биомассы плоских ежей и ракообразных. Введем понятие "энергетическая эффективность биомассы", как отношение суммарной калорийности бентоса участка (или района) к суммарной биомассе. Чем меньше эта величина, тем больше необходимо потребить биомассы для получения одного и того же количества энергии. Отношение "энергетической эффективности биомассы" (Cal/Biom) понижается в диапазоне от 5м до 20 м, затем стабилизируется (рис. 34). Связано это со сходным набором групп бентоса (преобладание плоских ежей) с высокой суммарной биомассой на глубинах 20-30 м. Для получения 100 ккал на глубине 5м необходимо потребить от 125 до 150 г биомассы, в диапазоне 20–30 м от 320 до 410 г.

Таким образом, у серых китов в районе зал. Пильтун две основных альтернативы в питании:

1. Нырнуть на глубину от 20 до 30 м и потребить более 450 г плоского ежа *Echinarachnius parma* для получения 100 Ккал,
2. Нырнуть на глубину от 5 до 10-15 м и, потребив 150 г амфипод и изопод, получить те же 100 Ккал энергии.

Естественно, что серые киты из двух альтернатив выбирают более эффективную (фото 6).



Depth 20-30 m; 450 g = 100 kCal



Depth 5 – 10(15) m; 150 g = 100 kCal

Фото 6. Соотношение массы плоских ежей и ракообразных (амфиподы, изоподы), эквивалентной 100 Ккал

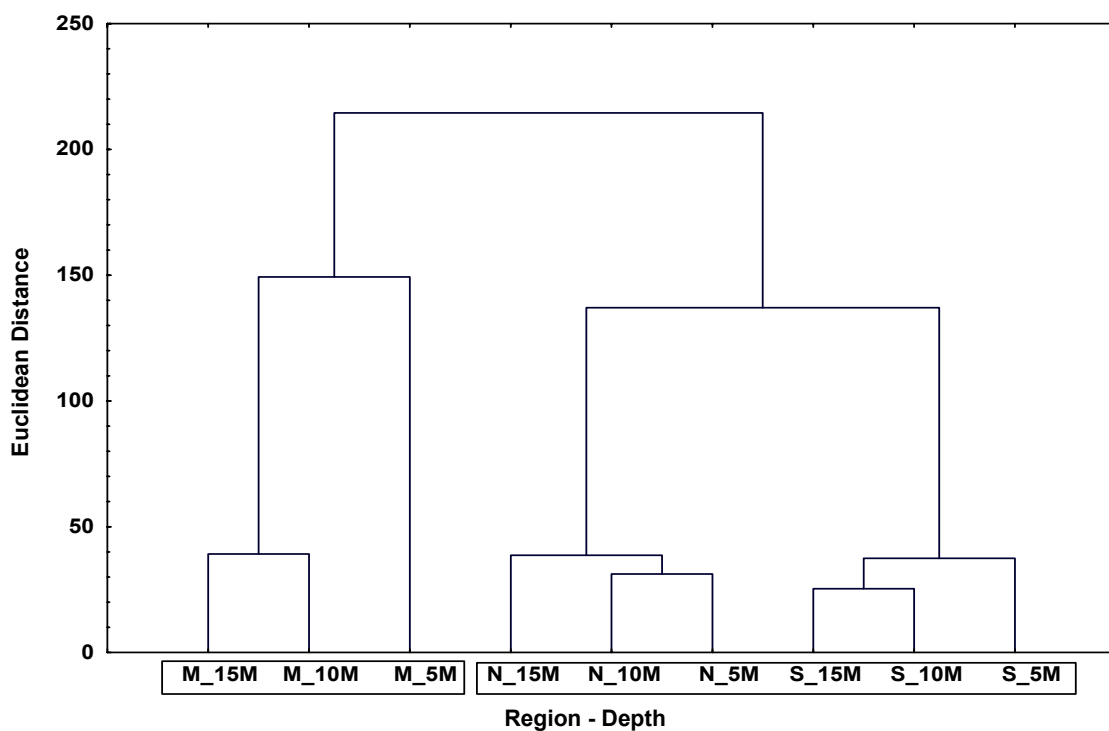


Рис. 36. Дендрограмма сходства по суммарной калорийности таксономических групп бентоса 6 диапазонов глубин в районах
Районы: S – южный, M – средний, N – северный.

Таблица 13

Значения индекса агрегированности для массовых видов макробентоса

Вид	Индекс дисперсии	Вид	Индекс дисперсии
<i>Echinarachnius parma</i>	312,8	<i>Scoloplos armiger</i>	48,5
<i>Diastilis bidentata</i>	298,7	<i>Anisogammarus pugettensis</i>	25,6
<i>Eohaustorius eous eous</i>	218,6	<i>Eogammarus schmidt</i>	21,8
<i>Pontoporeia affinis</i>	213,4	<i>Orchomenella gurjanovae</i>	15,5
<i>Onuphis shirikishinaensis</i>	188,6	<i>Westwoodilla sp.</i>	7,9
<i>Synidotea cinerea</i>	156,0	<i>Atylus collingi</i>	7,8
<i>Siliqua alta</i>	82,4	<i>Boeckosimus derjugini</i>	6,4
<i>Spisula voyi</i>	62,3	<i>Synchelidium gurjanovae</i>	5,0
<i>Macoma lama</i>	52,7	<i>Pontharpinia longirostris</i>	2,2
<i>Megangulus luteus</i>	49,4	<i>Monoculodes crassirostris</i>	1,1

4.2.5. Некоторые замечания по пространственному микрораспределению макробентоса и питанию серых китов.

4.2.5.1. Агрегированность макробентоса

В табл. 13 приведены значения индекса дисперсии для массовых видов макробентоса. Чем больше значения индекса дисперсии отличаются от 1, тем выше степень агрегированности (= пятнистости) микрораспределения вида. Практически все виды имеют агрегированное распределение. Низкая степень агрегированности характерна для редких видов, имеющих невысокие показатели количественного обилия. Максимальную степень агрегированности имеют самые распространенные виды с высоким обилием.

Выше рассматривались некоторые механизмы, приводящие к агрегированности макробентоса. Например, пятнистое распределение трубчатых матов полихеты *Onuphis shirikishinaiensis* (площадь их составляет несколько кв. м) приводит к агрегированности ракообразных и полихет, обитающих в этих матах. Активная гидродинамика акватории также способствует неравномерности распределения бентоса. В условиях активной гидродинамики на поверхности песчаных грунтов образуются периодические формы микрорельефа – песчаные волны, в углубления между гребнями песчаных волн происходит накопление детрита. В этих участках наблюдаются повышенное обилие детритофагов.

Определенное подтверждение агрегированности кормового макробентоса можно найти в пищевом поведении серых китов. На Фото D1 (Приложение D) сфотографирован кит, совершающий вертикальные пищевые ныряния. В пределах небольшого участка кит совершает 4-6 вертикальных погружения. Затем переходит на новый участок.

Агрегированное распределение кормового ресурса играет важную роль для потребляющего этот ресурс животного. Известно, что питание в условиях пятнистого распределения пищи, энергетически более выгодно для потребителя ресурса [66]. Отметим, что приведенные в табл. 13 значения индекса агрегированности видов являются усредненными для всей акватории. В южном и северном районах, при сохранении агрегированности распределения, значения индекса дисперсии для массовых видов ракообразных и полихет значительно ниже, чем в среднем районе. Т.е. степень агрегированности этих групп в районе зал. Пильтун выше.

4.2.5.2. Возможные дополнительные пищевые объекты

В последнее время накапливается информация о более широком спектре питания серых китов, чем традиционно считается [67]. Показано, что в различные периоды времени, наряду с традиционным пищевым объектом – амфиподами сем. *Ampeliscidae*, в рационе серых китов существенную роль могут играть и другие животные. В частности, мизиды, личинки крабов, шримсы. Обсуждается также возможная роль в рационе серых китов двустворчатых моллюсков. Присутствие в рационе серых китов разнообразных таксономических групп бентоса отмечалось уже давно [68, table II].

Выше мы уже отмечали, что в рассматриваемой акватории отсутствуют, или имеют незначительное количественное обилие, обитающие в трубках амфиподы (сем. *Ampeliscidae* и др.). Высокие биомассы имеют виды, приуроченные к трубчатым матам полихет *Onuphis shirikishinaiensis*. При этом биомасса полихет сопоставима с биомассой сопутствующих видов ракообразных. Естественно, что киты при питании захватывают осадок вместе с полихетами и амфиподами. Сложно предположить способ или механизм, с помощью которого кит способен в дальнейшем отсортировать полихет и амфипод, т.к. средний вес амфипод (табл. 12) сопоставим со средним весом полихет (раздел 4.2.3.2).

В результате обработки пробы животных, вымытых изо рта при всплытии кита (см. раздел 3.3 и Фото D3 в Приложении D), были обнаружены в большом количестве пустые трубки полихет (на Фото D3 обозначены – POL). Морфологически они сходны с трубками *O. shirikishinaiensis*. Если учесть, что в этом участке отсутствуют другие полихеты, строящие трубки, то можно предположить, что в пробе присутствуют трубки именно этого вида. Обнаружены также фрагменты полихеты *Scoloplos armiger* и незначительно поврежденный экземпляр *Travisia forbesii*. Из ракообразных преобладали неповрежденные изоподы *S. cinerea* (на Фото D3 – IS), в меньшем количестве – фрагменты амфипод *P. affinis* и *Anonyx sp.* Как уже отмечалось, все эти виды имеют высокую частоту встречаемости и количественное обилие в районах.

Мизиды.* При выполнении водолазных работ (13 -16 августа) в районе зал. Пильтун – северная часть зал. Чайво (разрезы P3 – S2) на глубинах 5 -15 м

* В Информационном отчете по результатам экспедиционных работ 2001 г (Фадеев, 2001), встреченные в массе планктонные организмы нами ошибочно отнесены к щетинкочелюстным (хетогнатам). Анализ материалов специалистами планктонологами, показал, что в придонном слое доминируют мизиды, значительно меньше эуфазиевых раков, а хетогнаты практически отсутствуют.

был отмечен плотный придонный слой мизид *Tenagomysis orientalis* (98% численности) и эуфазиевых раков *Thysanoessa raschii*. Отметим, что эти виды в самой лагуне Пильтун не отмечены [69]. Толщина слоя составляет от 5 до 10 см. На глубине 5 - 10 м мизиды обнаружены практически во всех пробах, в диапазоне 10 – 15 м - более чем в 40% проб, Севернее разреза РЗ и южнее S2 мизиды обнаруживались единично. При отборе проб капроновый мешок дночерпателя выполняет роль эпибентосной сетки. Естественно, мы здесь не говорим о точном количественном учете мизид, а лишь об общих тенденциях их распределения. В пяти точках водолазный дночерпатель использовали только для взрытия мизид. Дночерпатель в открытом виде резко опускали на поверхность осадка, затем закрывали без взятия осадка. Таким образом, учитывалось количество мизид в придонном слое 10 см над площадью дна $0,025 \text{ м}^2$. Количество мизид в пробе менялось от 4 до 130 экз, в среднем в 10-см придонном слое – 27 экз/ $0,025 \text{ м}^2$ (около 1000 экз/м^2). Вес особей в пробах варьировал от 0,02 до 0,05 г, составив в среднем 0,03 г. Если принять все эти ориентировочные данные, то биомасса в 10 см слое плотного скопления эуфазиид составляет до 30 г над площадью 1 кв. м. Пересчет на м^3 , как принято в планктонологии, смысла не имеет, т.к. плотный слой эуфазиид не распространяется выше 10 см от дна. Полученная ориентировочная величина на порядок выше, чем в других районах [67].

В данном случае, мы лишь отмечаем наличие плотного придонного слоя эуфазиевых раков в период исследований на локальном участке. Вопросы о повторяемости этого явления, так же как и причины этого явления, остаются открытыми. Единственно отметим, что работы были проведены после прохождения мощного тропического циклона, сопровождавшегося обильными осадками и штормовым нагоном. Естественно, что это привело к существенному опреснению прибрежных вод и значительному выносу практически пресной воды из лагун Одопту и Пильво.

Молодь крабов. При проведении водолазных работ, практически по всей акватории, отмечалось наличие в период исследований молоди крабов *Hyas coarctatus*, преимущественно на глубинах более 10 м. Наибольшее ее количество отмечалось на смешанных грунтах (группа С, табл. 2). На этих грунтах в условиях сильных придонных течений формируется "фауна обрастаний", представленная губками, мшанками, гидроидами и др. фильтраторами. Отметим, что методов корректного учета молоди крупных ракообразных до сих пор не существует.

В некоторых случаях удается получить ориентировочные оценки (Фото 7). На фотографии зафиксирован результат учета крупных изопод и молоди крабов с 1 кв. м в зоне песчаных волн. Молодь крабов здесь концентрируется в углублениях между гребнями песчаных волн, т.е. образует скопления в зоне аккумуляции детрита и морской травы zostеры, выносимой из лагун. Суммарная биомасса ракообразных на этом участке составила 18 г/м².

Песчанка *Ammodytes hexapterus*. В зоне мелко- и среднепесчанистых грунтов, преимущественно в южном и среднем районах, на глубинах более 10 м высокую частоту встречаемости имеет песчанка *A. hexapterus*. В пробах, собранных водолазным дночерпателем, частота встречаемости этого вида составляет 32%. Особенностью экологии песчанки является то, что в дневной период особи этого вида прячутся в поверхностном слое песка. Это позволяет достаточно точно учесть численность вида в скоплениях. В сборах преобладали молодые особи песчанки (Фото 8). В наиболее плотных скоплениях плотность песчанки достигает 40-60 экз/м². Скопления песчанки в рассматриваемой акватории не связаны с каким-либо сообществом макробентоса, определяющим является характер грунта. Учитывая высокие биомассы песчанки в скоплениях и высокую калорийность, можно рассматривать этот вид в качестве дополнительного пищевого объекта. Тем более, что песчанка уже отмечалась как объект питания серых китов [70].

4.3. Состав и распределение мейобентоса

Воздействие различных поллютантов в водной среде проявляется, прежде всего, в изменениях видового состава сообществ. Мониторинг загрязнения на уровне сообществ имеет ряд преимуществ. До настоящего времени большинство экотоксикологических исследований охватывает лишь один компонент сообществ - макрофауну. Основное объяснение этому – макробентос более прост в сборе и дальнейшей таксономической обработке, чем другие размерные группы животных. Мейо- и микробентос изучены хуже, хотя известно, что мелкие организмы способны быстро реагировать на изменение среды и часто представляют собой «экологические мишени» техногенных воздействий [41]. Платтом с соавторами [42], было отмечено, что «макробентос не дает полный анализ ответной реакции среды на загрязнение; пришло время повернуть центр внимания на мейофауну».



Фото 7. Крупные изоподы *Saduria entomon* и молодь крабов *Hyas coarctatus* в эпибентосной пробе
(учетная площадка 1 м²; трансекта S2; глубина 15 м; мелкий песок с примесью средне-зернистого; в углублениях между гребнями песчаных волн)



Фото 8. Песчанка *Ammodytes hexapterus* в бентосной пробе
(водолазный дночерпатель; трансекта P2; глубина 15 м; мелкий песок)

Потенциальная роль мейобентосных организмов и, прежде всего его доминирующих групп, морских нематод и гарпактициды, для мониторинга загрязнения не раз детально обсуждалась в литературе [43 – 49]. Обоснованием выбора этой группы для целей мониторинга является наличие у нее определенных свойств. Мейобентос – одна из наиболее многочисленных групп в морских экосистемах, имеет высокое разнообразие, что делает ее пригодной для экологических и статистических исследований.

Мейобентос находится в более тесном контакте с поровой водой и имеет больше генераций в течение года, чем макрофауна, что определяет высокую чувствительность этих животных к нарушениям среды. Поэтому они демонстрируют более быструю ответную реакцию на загрязнение, чем макробентос.

В составе мейобентоса различают постоянные и временные компоненты. К постоянным компонентам (эвмейобентосу) относят животных, у которых размеры на всех стадиях развития не превышают 3 мм, к временным компонентам – личиночному мейобентосу, или псевдомейобентосу – представителей макрофауны, которые имеют бентические ювенильные стадии и поэтому лишь на ранних этапах развития входят в состав мейофауны.

Эвмейобентос исследуемого района представлен фораминиферами, нематодами, гарпактицидами, остракодами, турбелляриями. Псевдомейобентос включает ювенильные формы полихет, олигохет, двустворчатых моллюсков, голотурий, приапулид, галакарид, морских ежей, немертин и кумовых раков. Самыми массовыми представителями мейофауны являются гарпактициды, нематоды, фораминиферы, молодь олигохет и полихет. Высокая частота встречаемости характерна также для турбеллярий, инфузорий, молоди двустворчатых моллюсков и морских ежей. Остальные животные образуют своеобразный фон, встречаясь редко или единично: остракоды, галакариды, гнатостомулиды, личинки кумовых раков, голотурий и приапулид.

В обоих участках по численности доминирует эвмейобентос, по биомассе – личиночные стадии макробентоса – псевдомейобентос (рис. 37, 38). В результате анализа 30 количественных проб, собранных на 5 разрезах на глубинах 5 и 15 м получена общая картина распределения численности и биомассы мейобентоса

(табл. 14, 15)*. Численность мейобентоса в рассматриваемом районе меняется от 177,6 до 584,7 тыс./экз. м². Средняя численность составляет 350 тыс./экз. м². На исследованной акватории отмечаются существенные колебания биомассы мейобентосных организмов - от 585,4 до 15837 мг/м². Средняя биомасса равна 4168 мг/м². В исследованных сообществах наблюдается мозаичная картина распределения мейобентоса: участки с высокими показателями биомассы чередуются с низкими.

В районе Одопту численность мейобентоса достигает 400 – 584,7 тыс. экз/м² (средняя плотность поселения равна 455,2 тыс. экз/м²); биомасса изменяется от 585,4 до 3705 мг/м² (при средней биомассе 1381,9 мг/м²). В районе Чайво-Пильтун значения биомассы существенно повышаются и изменяются в диапазоне 1542-15837 мг/м² (при средней биомассе 6956 мг/м²). Однако численность мейобентоса в два раза ниже, чем в районе Одопту – 177,6 – 260,2 экз/м². В структуре сообщества возрастает доля личиночного мейобентоса – до 94,2%, что обуславливает увеличение биомассы мейобентоса. Отметим, что при визуальном изучении не отмечены аномалии в развитии макробентосных личинок, все они находятся в нормальном физиологическом состоянии.

Самой массовой группой среди *мейобентосных организмов* являются *нематоды* (74% от общей численности), *гарпактициды* и *плоские черви*. Плотность поселения нематод в исследованном районе варьирует в пределах 21 – 528 тыс. экз./м². Они зарегистрированы на всех глубинах, при этом наблюдается тенденция увеличения численности с нарастанием глубин от 5 до 15 м..

Среди *личиночного мейобентоса* высокую плотность поселения имеют *полихеты* (2,7 – 17 тыс. экз/м²), *кумовые раки* (1-37 тыс. экз/м²), *двустворчатые моллюски* (до 7 тыс. экз/м²) и *амфиподы* (до 5,3 тыс. экз/м²).

Из обобщающих работ по воздействию нефтяного загрязнения на морские экосистемы можно сделать два основных вывода: а) нефтяное загрязнение вызывает значительные изменения как в численности и биомассе отдельных видов, так и в структуре сообществ в целом, б) после воздействия нефти восстановление структуры происходит намного быстрее в планктонных, чем в бентосных сообществах.

* В связи с тем, что пробы собранные в районе зал. Чайво (разрез S1) практически не отличаются ни по составу, ни по количественным характеристикам от проб из района зал. Пильтун, в таблицах и тексте рассматриваются только два района: Чайво-Пильтун и Одопту.

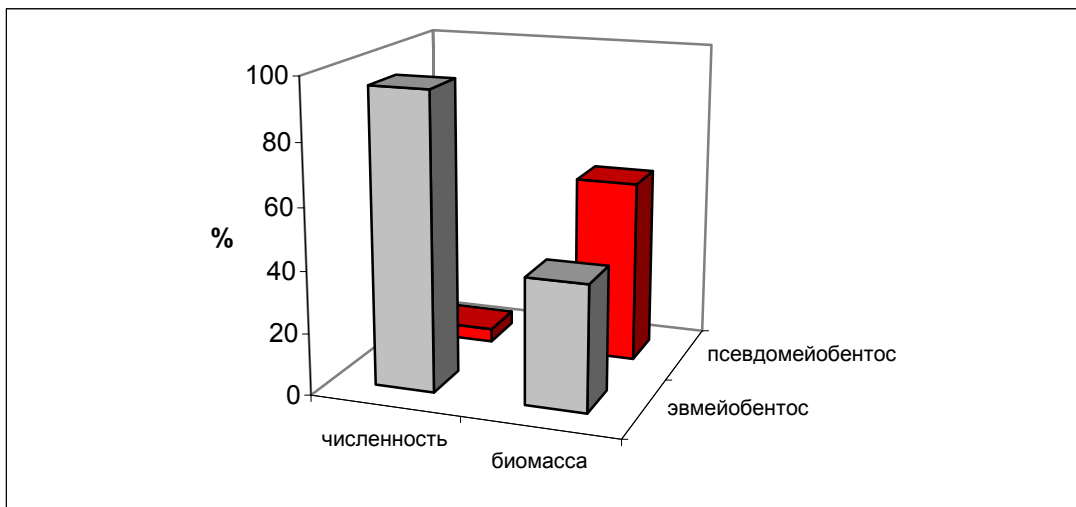


Рис. 37. Соотношение постоянных и временных компонентов мейобентоса в районе Одопту (разрезы N0, N2)

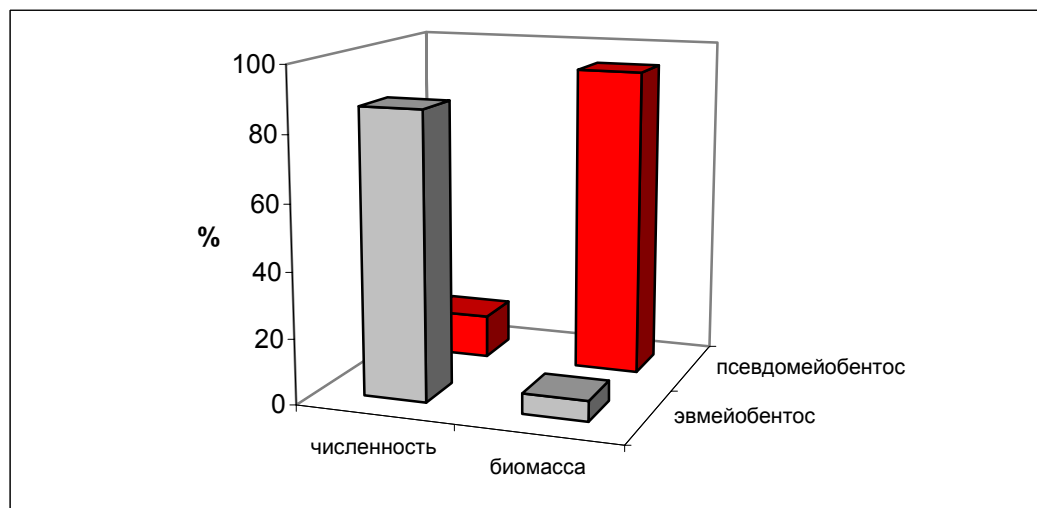


Рис. 38. Соотношение постоянных и временных компонентов мейобентоса в районе Чайво-Пильтун (разрезы S1, P2, P4)

Согласно литературным данным, мейобентос в отличие от макробентоса реагирует быстрее даже на незначительные поступления нефтеуглеводородов в грунт, при этом наблюдается резкое снижение численности, в пробах отмечаются мертвые организмы [50]. Экспериментальные данные также подтверждают, что периодическое внесение нефтепродуктов в грунт приводит к гибели большей части (до 80%) организмов макро- и мейобентоса [51]. Однако не все группы мейобентосных организмов одинаково чувствительны к нефтепродуктам.

Некоторые виды морских нематод и полихет способны утилизировать углерод нефтеуглеводородов, тем самым участвуя в самоочищении грунтов в местах естественного просачивания нефти и в случае антропогенного загрязнения донных осадков [52, 53]. Из всех групп мейофауны наиболее чувствительны к нефтеуглеводородному загрязнению *остракоды*, которые гибнут даже при низких концентрациях нефти [54].

В донных сообществах, отмеченных в загрязненных районах, отсутствуют группы чувствительные к высоким концентрациям нефтеуглеводородов (*Ostracoda*, *Echinoidea*, *Bivalvia* и др.), высокие значения плотности поселения имеют толерантные бентосные организмы – свободноживущие *нематоды и полихеты* [55, 56]. Мейобентос северной части Охотского моря остается практически не изученным. Имеются лишь данные [57] по фауне и экологии мейобентоса из района пос. Стародубское (Восточный Сахалин).

Полученные нами данные показывают, что мейофауна исследованных районов имеет высокое разнообразие таксономических групп, в районе Чайво - Пильтун отмечено 14 групп мейобентоса, в районе Одопту - 16. Состав таксономических групп мейобентоса и их соотношения соответствуют общим закономерностям, установленным для мейобентоса незагрязненных участков шельфа о. Сахалин [57, 58], а также других районов Мирового океана [59]. В сборах макробентоса из исследуемых районов многочисленны плоские ежи *Echinarachnius parma*, являющиеся доминирующим видом в одноименном сообществе. Сборы мейобентоса, в которых встречается осевшая активно растущая молодь ежей, подтверждает вывод о том, что это сообщество является нормально восполняющимся. В личиночном бентосе по биомассе доминируют *полихеты, двустворчатые моллюски, амфиподы и кумовые раки*. Эти группы преобладают по биомассе также и в макробентосе.

Таблица. 14

Количественные характеристики мейобентоса в районе зал. Чайво – зал. Пильтун

Группа	Численность (тыс. экз. м ⁻²)			Биомасса (мг м ⁻²)		
	min	max	m	min	max	m
<i>Nematoda</i>	106	174	140,8	21	238	71
Harpacticoidea	11,6	58	22,78	42	304	135
Turbellaria	5	18,7	11,46	0,3	0,9	0,6
Foraminifera	7	22,3	13,6	3,5	9	6,4
Ostracoda	2	7,3	4,38	76	328	191
Gnathostomulida	0	2,3	1,32	0	0	0,1
Эвмейобентос в целом:	161,6	215,3	194,3	212,9	881,6	404,8
<i>Cumacea</i>	0	37	16,2	0	10,7	9,1
Bivalvia	4,3	7	1,6	956	14800	6353
Polychaeta	2,3	14,7	9,6	35	175	1441
Oligochaeta	0	0,3	0,06	0	3,7	0,7
Priapulida	0,3	0,7	0,2	0	0,1	0,02
Amphipoda	0	5,3	1,32	0	133	33,3
Hydrozoa	0	1	0,2	0	15	3
Nemertini	0	1,7	0,48	0	25	8,3
Псевдомейобентос в целом:	8,6	47,3	29,18	1140	14955	6551
Мейобентос в целом:	177,6	260,2	223,5	1542	15837	6956

Таблица 15

Количественные характеристики мейобентоса в районе зал. Одопту

Группа	Численность (тыс. экз м ⁻²)			Биомасса (г м ⁻²)		
	min	max	m	min	max	m
<i>Nematoda</i>	228	528	337	45	105	70
Harpacticoidea	20	139	60	160	1100	477
Turbellaria	12	44	26	1	6	2
Foraminifera	1	22,7	7,2	0,5	2,3	3
Ostracoda	0,3	1	0,26	0	38	10
Ciliata	3,3	15,3	4,78	0	0,3	0,4
Gnathostomulida	0	1,0	0,2	0	1,2	0,2
Эвмейобентос в целом:	378	580	435	269	1,160	562
<i>Cumacea</i>	0	1	0,26	0	2,7	2,1
Bivalvia	0	7	1,6	133	2800	640
Polychaeta	2,7	17	10,9	0,001	0,04	0,1
Oligochaeta	0,3	3,3	1,66	0,003	0,007	0,01
Priapulida	0	3,3	1,32	0	0,3	0,1
Holoturoidea	0	6,7	2	0	100	30
Halacaridae	0	1	0,2	0	23	4,6
Echinoidea	0	2	0,66	0	2	0,07
Nemertini	0	3,3	1,32	0	50	0,07
Псевдомейобентос в целом:	4,4	37,7	19,96	39,3	2956	819,9
Мейобентос в целом:	400	584,7	455,2	584,4	3705	1381,9

В некоторых участках в районе Одопту на разнозернистых песках с примесью гальки и гравия, отмечена богатая в видовом отношении «фауна сестонофагов», представленная гидроидами и моллюсками-сестонофагами. Псевдомейобентос этого района богат личинками этих групп.

Наблюдаются определенные отличия в наборе групп личиночного мейобентоса и их количественных характеристиках в двух рассматриваемых районах (табл. 14, 15). В районе Чайво-Пильтун отмечено 8 групп личиночного мейобентоса, в районе Одопту – 9. Общими для обоих районов являются 6 групп (*кумовые, двустворчатые моллюски, немертины, олигохеты, полихеты и приапулиды*). Только в районе Чайво-Пильтун в массе зарегистрированы личинки амфипод (до 5300 экз/м²). Наоборот, осевшие личинки плоских ежей *E. parma* в массе встречаются на всех глубинах в северном районе (район Одопту).

Таким образом, в результате анализа состава и количественных характеристик мейобентоса установлено, что в районе исследований структура и количественные соотношения групп эвмейобентоса типичны для незагрязненных песчаных грунтов, а наличие значительного количества *остракод* – индикатора нефтеуглеводородного загрязнения, свидетельствует об отсутствии подобного загрязнения.

Наличие в мейобентосе большого количества личинок бентосных животных (псевдомейобентос) свидетельствует о том, что прибрежные сообщества бентоса являются нормально восполняющимися. В районе Чайво-Пильтун преобладают личинки *кумовых раков, полихет, двустворчатых моллюсков и амфипод*, в районе Одопту – *полихет, двустворчатых моллюсков, голотурий, приапулид, немертин*. Только в районе Одопту на глубинах до 15 м в массе встречаются осевшие личинки плоских ежей *Echinarachnius parma*, в более южных районах на этих глубинах личинки плоских ежей встречались единично.

Отметим, что личиночный мейобентос в районе Чайво-Пильтун носит "мелководный" характер, т.к. представлен личинками тех животных, которые обитают фактически в зоне отбора проб мейобентоса (*амфиподы, моллюски, полихеты*). Иная ситуация в районе Одопту, где личиночный мейобентос носит "глубоководный" характер. Здесь преобладают личинки животных, не живущих в зоне отбора проб мейобентоса (5-15 м): *голотурии, приапулиды, немертины, плоские ежи*. Все эти виды обитают на больших глубинах. Появление этих групп в псевдомейобентосе мелководной зоны обусловлено мощным личиночным пулом из более глубоководных участков.

4.4. Сравнительный анализ распределения бентоса в 1992 и 2001 гг.

Особый интерес для экологов представляет анализ материалов количественных учетов бентоса, проведенных в одних и тех же акваториях, но через значительные промежутки времени. Работы по многолетним изменениям бентоса в дальневосточных морях немногочисленны. Так, для шельфа восточного Сахалина и северной части Охотского моря, показано, что существенного изменения в распределении бентоса в этих районах на период конца 80-х годов не произошло [60, 61, 65]. На основе сравнения разновременных дночерпательных учетов бентоса на западнокамчатском шельфе и у отдельных островов Курильской гряды А.И. Благодаров и Н.П. Маркина [62] констатируют повышение общей биомассы бентоса в некоторых участках района в 10-20 раз. Повторив через 50 лет дночерпательную съемку южно-курильского мелководья, проведенную в 1949 г. Курило-Сахалинской экспедиции ЗИН-ТИНРО, В.И. Фадеев и В.Г. Тарасов [63] приходят к выводу об отсутствии существенных изменений в количественном распределении бентоса.

При достаточной репрезентативности результатов учетных работ и при наличии существенных расхождений в показателях обилия, сравнительный анализ разновременных материалов позволяет сделать заключение о многолетних изменениях бентоса. Надежность выводов, получаемых при сравнении разновременных сборов бентоса, зависит от ряда причин. Сформулируем минимальные требования к исходным материалам для анализа. Во-первых, съемки должны быть выполнены одними и теми же или сходными по уловистости орудиями, что позволяет если не уменьшить, то хотя бы стабилизировать систематическую погрешность учетных работ. Во-вторых, разновременные материалы должны быть “представительны” и близки по объему. В-третьих, сравниваемые станции должны находиться в пределах одного контура “грунт - глубина”, а в идеальном случае, должно выполняться условие их картографической близости. Последнее представляется важным в силу межбиотопного варьирования показателей количественного обилия бентоса.

Насколько соответствуют материалы 1992 и 2001 гг. этим требованиям?

1. В 1992 и 2001 гг. при проведении водолазных исследований использовались одни и те же пробоотборники (водолазный зубчатый дночерпатель) с применением одних и тех же методических подходов, разработанных для проведения водолазных гидробиологических работ [1].

Некоторые проблемы возникают с дночерпательными сборами. В 1992 г. материалы получены дночерпателем «Океан-50» (площадь захвата $0,25 \text{ м}^2$), в 2001 г. – дночерпателем Петерсена (площадь захвата $0,1 \text{ м}^2$). Вес дночерпателя «Океан» - 125 кг, дночерпателя Петерсена – 48 кг. Даже без учета разной площади захвата дночерпатель Петерсена и «Океан-50» отличаются глубиной вырезания и, соответственно, уловистостью. Работа обеих моделей сильно зависит от характера грунта. Наибольшие расхождения в количестве добываемых животных будут наблюдаться на плотных песчаных грунтах (широко представленных в районе исследований), где более тяжелый «Океан» по сравнению с моделью Петерсена (по характеристикам соответствует широко используемой модели Ван-Вина) более уловист. Однако, учитывая сложность, если не невозможность в силу агрегированности распределения бентоса, нахождения коэффициентов для пересчета уловистости дночерпателей, мы принимаем ее для обеих моделей сходной. Все дальнейшие рассуждения базируются на этом допущении.

2. В 1992 г. было выполнено 24 станции на 4 разрезах. Совокупный материал составил 88 проб (76 водолазных проб и 12 - дночерпательных). В 2001 г. выполнено 24 станции на 4 разрезах. Совокупный материал составил 78 проб (66 водолазных проб и 12 – дночерпательных). Таким образом, имеется сравнимый по объему материал.

3. Местоположение разрезов и глубины выполнения станций (5-10-15-20-25-30 м) совпадают (рис. 1). Станции 1992 и 2001 гг. находятся друг от друга в пределах ошибки навигационной привязки, т.е. близки картографически.

Рассмотрим по материалам 1992 и 2001 гг. данные по донным осадкам, таксономическому составу и обилию макробентоса.

4.4.1. Гранулометрический состав грунта

Для гранулометрического анализа в 1992 г. было отобрано 16 образцов донных осадков, в 2001 г. – 24. Анализ образцов проводился по стандартным методикам в одной и той же лаборатории. Как и в 2001 г., основная часть станций 1992 г. по гранулометрическому составу относится к мелкопесчанистым (Группа А) и средне-мелкопесчанистым (Группа В) грунтам, что свидетельствует о стабильности фракционного состава донных осадков за 10-летний период.

4.4.2. Сравнительный анализ видового состава макробентоса

В количественных сборах 1992 г. определено 54 вида макробентоса, в сборах 2001 г. – более 150. Однако из этого не следует, что видовое богатство макробентоса за 10-летний период увеличилось в три раза. Известно, что количество выявленных в биоте видов зависит, прежде всего, от площади обследования (при работе пробоотборниками одной площади – от числа проб). В нашем случае в 2001 г. был получен значительно больший объем проб, что и позволило более полно выявить таксономический состав биоты. Но это справедливо лишь для видов с низкой частотой встречаемости. Показательно, что из 10 массовых в 2001 г. видов ($P > 50\%$) (см. раздел 4.1) в сборах 1992 г. имеют высокую частоту встречаемости (от 30 до 70%) 6 видов: изопода *Synidotea cinerea*, амфиподы *Pontharpinia longirostris*, *Eohaustorius eous eous*, *Pontoporeia affinis*, полихета *Onuphis shirikishinaiensis* и плоский еж *E. parma*.

Таким образом, группа наиболее часто встречающихся видов в сборах 2001 г. и 1992 г. представлена одними и теми же видами.

4.4.3. Сравнительный анализ пространственного распределения массовых видов макробентоса.

Анализ пространственного распределения плоских ежей в 1992 и 2001 гг. в районе Одопту на разрезах N0 и N2 показывает определенные отличия. Так, в 1992 г. граница плотных скоплений ежей ($> 10-15$ экз. на 1 м^2) на этих разрезах проходила в районе изобаты 20 м, на 15 м отмечались единичные находки (2-3 экз. на учетной площадке 5 м^2). В 2001 г. на обоих разрезах на станциях на глубине 15 м отмечены плотные скопления ежей (на разрезе N0 до 20 экз. на 1 м^2 , на разрезе N1 - 10-15 экз. на 1 м^2), близкие значения плотности отмечены на этих разрезах на глубине 20 м. Отметим, что точность привязки разрезов к береговой линии достаточно высока, т.к. в качестве реперных точек (=reference point) в 1992 г. для разрезов служили нефтяные вышки, функционирующие и в 2001 г., а местоположение отдаленных станций контролировалось с помощью GPS. Это обеспечило хорошее совпадение разрезов 1992 и 2001 гг. Таким образом, отличия в многолетнем распределении ежей на разрезах не могут быть объяснены их несовпадением.

В разделе 4.3. (табл. 1, 2) рассмотрено распределение личинок макробентосных животных на глубинах 5 и 15 м в районе Чайво-Пильтун (южный и средний

районы) и Одопту (северный район). Примечательно, что осевшие личинки плоских ежей на глубинах 5 и 15 м в массе встречены только в северном районе, в южном и среднем районах на этих глубинах они обнаружены единично. Отметим, что сборы мейобентоса во всех трех районах произведены одновременно. Это не позволяет объяснить существенную разницу в количестве осевших личинок в районе Чайво-Пильтун и Одопту разницей во времени сбора мейобентоса. Вероятная причина – особенности гидрологического режима и связанные с ним характер приносимого личиночного планктона (см. раздел 4.3).

4.4.4. Сравнительный анализ обилия макробентоса

Сравнение общей суммарной биомассы макробентоса проведено в двух вариантах. В первом – использованы данные всех 166 проб (48 станций), собранных в 1992 г. и 2001 гг. без учета разнородности материала (объединены как водолазные сборы, так и сборы дночерпателями «Океан» и Петерсена). Получено, что средняя биомасса бентоса в рассматриваемом районе за период 1992 – 2001 гг. достоверно уменьшилась от $424,0 \pm 34,4$ г/м² до $298,0 \pm 16,5$ г/м² (значения критерия Стьюдента: $t = 3,65$ $t_{0,001} = 3,29$).

Однако даже поверхностный анализ сравниваемых рядов биомасс показывает, что высокое значение биомассы по сборам 1992 г. обусловлено значениями биомассы более 2500 г/м² на двух станциях, где в дночерпатель попали крупные формы двустворчатых моллюсков. При удалении из анализа даже одного аномально высокого значения биомассы, делает разницу между сравниваемыми рядами недостоверной.

Второй вариант расчетов сделан на основе только водолазных сборов – 142 проб, выбранных в зоне сходных песчанистых грунтов Групп А и В (Рис. 14). Именно эта зона интересна и с точки зрения оценки ситуации с современным состоянием кормовой базы серых китов. Получено, что на песчанистых грунтах различия, как в общей биомассе бентоса, так и в биомассе отдельных групп недостоверны. На этих станциях общая биомасса бентоса по сборам 1992 г. составила $260,2 \pm 47,9$ г/м², по сборам 2001 г. – $333,6 \pm 46,4$ г/м² ($t = 0,12$; $t_{0,01} = 1,64$).

Полученные результаты иллюстрируют известную истину - несоблюдение даже минимальных требований к анализу сравниваемых материалов может привести к противоположным выводам на основе одного и того же материала.

Таким образом, результаты сравнительного анализа материалов 1992 и 2001 гг. не позволяют говорить о каких-либо существенных изменениях, произошедших за 10-летний период, как в составе массовых видов, так и в обилии макробентоса. Некоторые отличия наблюдаются в пространственном распределении фонообразующего вида – плоского ежа *Echinarachnius parma* в районе Одопту. Так, в 1992 г. массовые поселения ежа были ограничены изобатой 20 м, а на 15 м обнаруживались лишь отдельные особи с небольшой плотностью. На этих же разрезах в 2001 г. на глубине 15–20 м отмечены массовые поселения плоских ежей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В августе 2001 г. проведены водолазные и дночерпательные бентосные исследования на 10 трансектах в диапазоне глубин от 5 до 30 м. Трансекты охватывали как традиционный район нагула серых китов (район зал. Пильтун), так и участки, расположенные южнее (зал. Ныйский – зал. Чайво) и севернее (зал. Одопту – зал. Тронт). 4 трансекты выполнены в районах экспедиционных работ 1992 г. Совокупный материал составил 280 количественных проб.

2. Для донных осадков акватории характерно резкое преобладание песчанистых фракций. Доля мелкопесчанистой фракции на большинстве станций превышает 60% (максимальное значение – 98%). Средние пески преобладали на глубинах свыше 15 м. Более крупные фракции встречаются лишь в виде примесей к песчаной. В результате классификации 60 станций по фракционному составу грунта, в акватории выделено 3 группы осадков: **А** - хорошо сортированные мелкозернистые пески (средняя глубина залегания – 12,2 м); **В** - средне сортированные разнотернистые пески (смесь мелко- и среднетернистых песков; ср. глубина – 23,7 м); **С** - плохо сортированные гравийно-галечные грунты с примесью песка и ракушечного детрита (25,0 м). На песчаных грунтах широко распространены периодические формы микрорельефа – рифели течений и песчаные волны экстремального штормового воздействия (на 15–29 м). По данным водолажных работ в центральной части района зал. Пильтун на 20-25 м гравийно-галечные грунты занимают значительные площади дна. Здесь же на глубинах 20-30 м отмечены выходы скальной платформы на участках песчаных грунтов. В 9 исследованных точках питания китов грунт был представлен хорошо сортированным мелким песком.

3. Анализ содержания в осадках и распределения по акватории основных поллютантов – НУ, ТМ, ХОП позволяет сделать вывод о том, что в настоящее время сколь ни будь существенного влияния поллютантов на бентос не наблюдается. Этому могут способствовать активный гидродинамический режим акватории и вдольбереговой перенос вод Восточно-сахалинского течения, препятствующие накоплению поллютантов в песчаных осадках.

4. В количественных пробах зарегистрирован 171 вид бентоса и нектобентоса. По числу видов преобладают 5 групп животных: амфиподы (53 вида или 31% от общего числа видов), полихеты (41 вид, 25%), двустворчатые моллюски (27 видов, 16%), гидроиды (15 видов, 9%) и брюхоногие моллюски (11 видов, 7%). Во

всех трех районах* наибольшую частоту встречаемости имеют: изопода *Synidotea cinerea* и амфиподы *Pontharpinia longirostris*, *Eohaustorius eous eous*, *Pontoporeia affinis*, *Eogammarus schmidtii*, полихета *Onuphis shirikishinaiensis*, плоский еж *Echinarrachnius parma* и двустворчатые моллюски *Siliqua alta*, *Megangulus luteus*, *Macoma lama*.

5. Общая суммарная биомасса макробентоса в акватории варьирует в значительных пределах – от 12,1 г/м² на мелкозернистых песках в прибрежной зоне до 2780 г/м² в зоне массового развития плоских ежей, составляя в среднем 595,3± 89,2 г/м² (n = 56). Еще более изменчива плотность поселения бентоса: максимальные значения имели кумовые раки *Diastilis bidentata* до 92000 экз/м². Высокую плотность поселения более 7000 экз/м² имели обитающие в трубках полихеты *Onuphis shirikishinaiensis*, а также приуроченные к трубочным матам изопода *Synidotea cinerea*, амфиподы *Pontoporeia affinis* и *Eohaustorius eous eous* (2000–5000 экз/м²). Для всей акватории характерна тенденция увеличения общей биомассы бентоса с увеличением глубины. Что обусловлено увеличением с глубиной биомассы плоских ежей и, в меньшей степени, – кумовых раков. Биомасса других групп макробентоса с глубиной либо уменьшается (*двустворчатые моллюски, ракообразные*), либо остается примерно на одном уровне (*многощетинковые черви, десятиногое раки*).

6. Анализ изменения суммарной биомассы макробентоса показывает, что как для всей акватории, так и для каждого из районов, сохраняется единая тенденция – суммарная биомасса бентоса увеличивается с глубиной. Максимальные значения биомассы наблюдаются во всех районах на глубинах 25-30 м. Здесь высокие значения суммарной биомассы так же обусловлены массовым развитием плоских ежей. При продвижении от южного к северному участку средняя общая биомасса бентоса существенно изменяется: в южном районе – 322,3±51,8 г/м², среднем – 790,8±114,3 г/м², северном – 671,2±134,9 г/м². Для всей акватории средняя суммарная биомасса составляет 595,3±89,2 г/м² (n = 56). По сходству количественного обилия таксономических групп в районах достаточно четко выделяются два диапазона глубин: от 5 до 15 м и от 20 до 30 м. Во всех районах на глубине 15 м бентос имеет переходный характер.

7. Во всех трех районах на мелкопесчаных грунтах до 15 м, т.е. вне зоны массового развития плоских ежей, значительную роль играют двустворчатые моллюски (35-49% от суммарной биомассы бентоса) и ракообразные (35-45%). Среднее

* Как и в тексте отчета, здесь принято деление всей акватории на 3 района: **южный** (зал. Ныйский – зал. Чайво), **средний** (район зал. Пильтун) и **северный** (зал. Одопту – зал. Тронт).

значение биомассы двустворчатых моллюсков для всей акватории составляет $98,0 \pm 17,1$ г/м². Наибольшая биомасса *Bivalvia* отмечена в среднем районе на 10-15 м (> 200 г/м²) и северном районе на 5-15 м (170-220 г/м²).

8. Самый массовый вид полихет на глубинах менее 15 м - *Onuphis shirikishinaiensis*. В районе зал. Пилтун ее биомасса составляет в среднем 107 г/м² на глубине 5 м и резко уменьшается с глубиной. В диапазоне 5-10 м были отмечены мозаичные участки (по визуальным оценкам их площадь от 3 до 5 кв. м) с плотностью поселения до нескольких тысяч экз. на кв. м. дна (максимально: > 7000 экз/м² при биомассе 960 г/м²). *O. shirikishinaiensis* – мощный эдификатор среды. Трубочатые маты этих полихет стабилизируют осадок и создают условия для обитания в гидродинамически активных участках другим животным, в частности, ракообразным и другим видам полихет. Этому способствуют некоторые особенности экологии – особи этого вида при необходимости могут покидать трубки и строить новые. Фактически, трубчатые маты *O. shirikishinaiensis* играют ту же роль, что и трубчатые маты амфипод сем. *Ampeliscidae* в других регионах. Показано, что зачастую, описываемые из района зал. Пилтун сообщества амфипода + изопода, являются результатом недоучета полихет в дночерпательных сборах.

9. Средняя биомасса *изопод* для всей акватории составляет $22,9 \pm 6,3$ г/м². Наибольшую среднюю биомассу изопода имеют в среднем районе на 5–10 м – $42,6$ г/м². Крупная изопода *Saduria entomon* (средний вес особей - 2,09 г) имеет частоту встречаемости 22% (в среднем районе – 25%). Биомасса этого вида в диапазоне 5-30 м изменяется незначительно – от 1,5 до 4 г/м². Среди всех видов макробентоса, максимальную частоту встречаемости (86%) имеет изопода *Synidotea cinerea*. Наибольшие показатели обилия этот вид имеет на глубинах до 15 м в трубчатых матах *O. shirikishinaiensis* - более 5000 экз/м² при биомассе более 90 г/м²

10. *Амфиподы* имеют наибольшее из всех групп бентоса видовое богатство - 53 вида. Из них 10 видов имеют частоту встречаемости более 25%, 3 вида – более 50%. Средняя биомасса амфипод по всей акватории составляет $36,9 \pm 9,7$ г/м². Наибольшая средняя биомасса амфипод наблюдается в районе зал. Пилтун – $66,7 \pm 15,7$ г/м², здесь же амфиподы имеют максимальную долю в биомассе бентоса - 22,1%. Биомасса амфипод в целом по акватории плавно уменьшается от $78,4$ г/м² на 5 м до $9,4$ г/м² на 30 м. Эта тенденция наблюдается также и в отдельных районах. Однако в количественном обилии амфипод по районам на глубинах до 15 м наблюдаются существенные отличия. Так, средняя биомасса в районе зал. Пилтун достигает $114,1$ г/м², в южном районе – $44,5$ г/м², в северном – $24,3$ г/м². На 20–30 м

биомасса амфипод во всех районах сходна и составляет менее 10 г/м^2 . Среди видов амфипод с частотой встречаемости более 25% наибольшие значения биомассы имеют 8 видов: *Pontharpinia longirostris*, *Eohaustorius eous eous*, *Pontoporeia affinis*, *Eogammarus schmidtii*, *Atylus collingi*, *Pontharpinia robusta*, *Synchelidium gurjanovae* и *Anonyx nugax pacificus*. Основная часть массовых видов амфипод наибольшие значения плотности поселения и биомассы имеют в трубчатых матах *O. shirikishinaiensis*.

11. Средняя биомасса кумовых раков для всей акватории составляет $27,8 \pm 7,9 \text{ г/м}^2$ при частоте встречаемости в акватории -26%. На большинстве станций плоские ежи и кумовые раки встречаются совместно. При этом на одной и той же станции в отдельных пробах могут встречаться плоские ежи + кумовые, только плоские ежи или только кумовые раки. Число проб с кумовыми раками без плоских ежей не превышает 5% от общего числа проб в диапазоне 25-30 м ($n = 56$). В тех случаях, когда кумовые раки встречаются без плоских ежей, их плотность поселения может достигать нескольких десятков тыс. экз/ м^2 (максимум – более 92000 экз/м^2).

12. Граница плотных скоплений плоских ежей *E. parma* находится в диапазоне 15-20 м. Начиная с этих глубин плоские ежи доминируют по биомассе над другими видами макробентоса. При водолазных учетах по 5-метровой трансекте (площадь учета = 5 м^2) *E. parma* неоднократно отмечался на глубинах 5 и 10 м во всех трех районах в незначительных количествах или единично. В более чем 40% случаях, ежи были представлены мелкими особями. Плотность ежей здесь составляла от 1 до 4 экз. на учетную площадку 5 м^2 ($0,1 - 0,8 \text{ экз/м}^2$). При такой плотности поселения вероятность попадания ежей в дночерпательную пробу чрезвычайно мала. Таким образом, распределение плоских ежей по акватории имеет скорее континуальный, чем дискретный характер. Достаточно четкая граница в диапазоне 15-20 м определяются большей вероятностью попадания ежей в дночерпатель, в силу более высокой плотности поселения ежей на этих глубинах, т.е. граница носит в значительной степени вероятностный характер. Из этого следует, что простое присутствие или отсутствие плоских ежей на участке не является доказательством пригодности, или непригодности участка для питания серых китов.

13. Анализ суммарной калорийности макробентоса по районам показывает, что доля двустворчатых моллюсков в суммарной калорийности макробентоса меньше, чем их доля в суммарной биомассе. Доля высококалорийных групп (ракообразные) в суммарной калорийности бентоса во всех районах выше, чем в

суммарной биомассе. В южном районе доля ракообразных в суммарной калорийности бентоса составляет 51,7%, в среднем районе – 65,8%, северном – 43,8%. При этом, доля наиболее высококалорийных групп ракообразных – амфипод и изопод, наиболее высока в среднем районе (район зал. Пильтун) - 58,3%.

14. Все массовые виды макробентоса имеют *агрегированное* микрораспределение (индекс дисперсии от 49 до 312). Пятнистое распределение трубочных матов полихеты *Onuphis shirikishinaiensis* (площадь – от нескольких м² до нескольких десятков м²) приводит к агрегированности ракообразных и полихет, обитающих в этих матах. В условиях активной гидродинамики на поверхности песчаных грунтов образуются периодические формы микрорельефа – песчаные волны, в углубления между гребнями песчаных волн происходит накопление детрита. В этих участках наблюдаются повышенное обилие детритофагом. Определенное подтверждение агрегированности кормового макробентоса можно найти в пищевом поведении серых китов. Так, на глубине 9 м наблюдался кит, совершающий вертикальные пищевые ныряния. В пределах небольшого участка кит совершал 4-6 вертикальных погружения. Затем переходил на новый участок. Именно с макроагрегированностью кормового бентоса может быть связано поведение серых китов, когда они "оставались в одном и том же месте (иногда в течение нескольких дней) на площади акватории менее, чем 500 м²" [74]. В южном и северном районах, при сохранении агрегированности распределения, значения индекса дисперсии для массовых видов ракообразных и полихет значительно ниже, чем в среднем районе. Т.е. пятнистость распределения бентоса в районе зал. Пильтун выше, чем в других районах. Известно, что питание на агрегированно распределенном ресурсе энергетически более выгодно [66].

15. В пробе животных, вымытых из рта при всплытии кита, были обнаружены в большом количестве пустые трубки полихет, морфологически сходные с трубками *O. shirikishinaiensis*. Отмечены фрагменты полихет *Scoloplos armiger* и *Travisia forbesii*. Из ракообразных преобладали неповрежденные изоподы *S. cinerea*, реже – фрагменты амфипод *P. affinis* и *Anonyx sp.* Все эти виды имеют высокую частоту встречаемости и количественное обилие в районах.

16. В качестве возможных объектов питания серых китов в акватории, рассмотрены полихеты *Onuphis shirikishinaiensis*, мизиды *Tenagomysis orientalis*, молодь крабов *Hyas coarctatus* и песчанка *Ammodytes hexapterus*.

17. В исследованной акватории структура и количественные соотношения основных групп *мейобентоса* типичны для незагрязненных песчаных грунтов, на-

личие значительного количества остракод – индикатора нефтеуглеводородного загрязнения, свидетельствует об отсутствии этого типа загрязнения. Наличие в мейобентосе большого количества личинок бентосных животных (*псевдомейобентос*) свидетельствует о том, что прибрежные сообщества бентоса являются нормально восполняющимися. Личиночный мейобентос в районе Чайво-Пильтун носит "мелководный" характер, т.е. представлен личинками тех животных, которые обитают фактически в зоне отбора проб мейобентоса (*амфиподы, моллюски, полихеты*). Иная ситуация в районе зал. Одопту, где личиночный мейобентос носит "глубоководный" характер. Здесь преобладают личинки животных, не живущих в зоне отбора проб мейобентоса (5-15 м): *голотурии, приапулиды, немертины, плоские ежи*. Все эти группы обитают на значительно больших глубинах. Их появление в псевдомейобентосе мелководной зоны обусловлено мощным личиночным пулом из более глубоководных участков. Определенным доказательством этого может служить наличие в этих районах апвеллинга, формирующегося под воздействием ветра [80]. При воздействии ветров южных румбов поток глубинных вод направлен к берегу, а поверхностных – в открытое море. Только в районе Одопту на глубинах до 15 м в массе отмечены осевшие личинки плоских ежей *E. parma*, в более южных районах личинки плоских ежей встречались единично.

18. Результаты сравнительного анализа материалов 1992 и 2001 гг. не позволяют говорить о каких-либо существенных изменениях, произошедших за 10-летний период, как в составе массовых видов, так и в обилии макробентоса на песчаных грунтах. Некоторые отличия наблюдаются в пространственном распределении фонообразующего вида – плоского ежа *E. parma* в районе Одопту. В 1992 г. массовые поселения ежа были ограничены изобатой 20 м, на 15 м обнаруживались лишь отдельные особи с небольшой плотностью. На этих же разрезах в 2001 г. на глубине 15–20 м отмечены массовые поселения плоских ежей.

19. Анализ размерной структуры массовых видов амфипод (основного компонента питания серых китов) показывает, что в поселениях всех видов имеется значительная доля молодых особей. Эти данные, наряду с данными по личиночному мейобентосу, свидетельствуют об отсутствии нарушений в восполнении бентосных сообществ в районе питания охотско-корейской популяции серого кита (Приложение 8).

КОММЕНТАРИИ

Сопоставление бентосных данных с особенностями распределения и поведения
серых китов в районе нагула.

1. Глубина моря на которой регистрировались киты. Практически все исследователи отмечают, что основная часть китов встречается на глубинах до 20 м, а большинство питающихся особей - до 15 м. Наиболее детально это показано Уэллсером с соавторами [74]: "средняя глубина моря, на которой были зафиксированы стада китов составляла 11.2 м ($\pm 3,37$, $n = 362$), при этом глубина колебалась от 3.3 до 27.0 метров. В девяносто шести процентах случаев стада китов были зафиксированы на глубине моря < 18 метров".

Эти наблюдения хорошо согласуются с распределением бентоса по исследованной акватории. Во всех районах наиболее ценные для питания китов группы беспозвоночных (прежде всего – ракообразные) имеют наибольшую абсолютную биомассу и относительную долю в суммарной биомассе бентоса на глубинах до 10-15 м, глубже основную роль в биомассе играют плоские ежи *Echinarachnius parma*. Отметим, что небольшое число случаев обнаружения питающихся китов на глубинах более 20 м не противоречит бентосным данным (см. пункт 11 Заключения). На глубинах более 20-25 м встречаются локальные участки с чистыми поселениями кумовых раков. В тех случаях, когда кумовые раки встречаются без плоских ежей, их плотность поселения может достигать нескольких десятков тыс. экз/м², а биомасса более 100 г/м². Вполне можно допустить, что локальные участки с высокой биомассой кумовых на глубинах более 20 м могут эпизодически использоваться китами. Резюмируя все вышеизложенное с точки зрения питания серых китов, отметим, что у серых китов в районе зал. Пильтун имеется две основных альтернативы в питании:

- Нырнуть на глубину 20-30 м и потребить более 450 г плоского ежа *Echinarachnius parma* для получения 100 Ккал,
- Нырнуть на глубину от 5 до 10(15) м и, потребив 150 г амфипод и изопод, получить те же 100 Ккал энергии.

Вполне естественно, что серые киты в местах нагула в районе зал. Пильтун из двух альтернатив выбрали более *эффективную*.

2. Районы наиболее частой регистрации китов. Из рис. 39,В и рисунков Приложений А, В следует, что наибольшее количество регистраций китов приурочено к средней и южной частям зал. Пильтун. Отметим, что эпизодические наблюдения (планомерные наблюдения не входили в задачи работ), произведенные в пе-

риод проведения водолазных работ в 2001 г., показали наличие небольшого числа питающихся особей южнее и севернее основного района распространения китов на достаточно значительном удалении от выхода из лагуны Пильтун. (см. раздел 3.4).

Приуроченность зоны максимальной встречаемости китов к средней и южной частям зал. Пильтун вполне согласуется с характером пространственного распределения количественного обилия кормового бентоса (рис. 25-28, 30). Наибольшую встречаемость киты имеют в мелководных участках с максимальными абсолютными значениями биомассы кормового бентоса и, соответственно, с наибольшей относительной долей в суммарной биомассе бентоса. Отметим, что зона достаточно высоких биомасс кормового бентоса (прежде всего – ракообразных, двустворчатых моллюсков) на глубинах до 10-15 м распространяется севернее и южнее участков массового обнаружения китов. Зона встречаемости китов (на рис. 39) соответствует району между разрезами Р1 – Р3 (рис.39). Район с достаточно высокими биомассами кормового бентоса значительно протяженнее и охватывает участки между разрезами N1 – S1 (на рис. 1) - от заливов Одопту и Уркт до средней части зал. Чайво.

Чем же обусловлена достаточно узкая локализация серых китов в районе нагула?

Возможное объяснение связано с низкой современной численностью китов. В настоящее время можно считать доказанным, что общая численность охотско-корейской популяции серых китов, нагуливающейся в районе Восточного Сахалина, не превышает 100 особей [74, 75, 77-79]. В условиях низкой численности киты локализуются для нагула в участках наиболее энергетически выгодных для питания (небольшие глубины, максимальное обилие кормового бентоса). Лишь отдельные особи для нагула выходят в более северные и южные районы (раздел 3.4, Приложение D).

Однако необходимо сделать существенное уточнение. В районе зал. Пильтун не только выше биомасса кормового бентоса и его доля в общей биомассе бентоса, но и больше протяженность от берега участков дна с глубинами менее 15 м, чем в более северном районе (зал Одопту - Уркт). Соответственно больше площадь дна подходящая для развития кормового бентоса и, как следствие, больше его суммарный запас. В более южном участке (от северной до средней части зал. Чайво) площадь дна ограниченная изобатой 20 м больше, чем в районе зал. Пильтун, но здесь значительные площади дна заняты смешанными песчаными грунтами со значительной долей гальки, гравия и ракуши. На этих грунтах развиваются сооб-

щества с преобладание прикрепленных животных, не используемых серыми китами.

Таким образом, даже при наличии достаточно высоких биомасс кормового бентоса в прибрежной зоне участков, расположенных севернее и южнее зал. Пильтун, они могут играть лишь вспомогательную роль в нагуле серых китов из-за меньших общих запасов бентоса.

Исходя из состава бентоса, его количественных характеристик и доли в нем кормового бентоса в пределах исследованной акватории можно предположительно выделить две кормовых зоны:

- основная зона, которая охватывает участки от зал. Одопту до самой южной части зал. Пильтун (разрезы N2 – P4 на рис. 39,А) и
- дополнительная зона, в которую можно отнести северный участок, расположенный севернее основной зоны: от зал. Уркт до зал. Одопту (разрезы N1 – N2 на рис. 39,А) и южный, охватывающий район от южной части зал. Пильтун до зал. Чайво (разрезы P4 – S1 на рис. 39,А).

Почему же участки с наибольшими значениями биомассы кормового бентоса приурочены именно к району зал. Пильтун?

Лагуна Пильтун является высокопродуктивным водоемом, происходящие в ней продукционно-деструкционные процессы непосредственно влияют на гидробиологический режим прилегающей части восточно-сахалинского шельфа [69]. Известно, что суточная первичная продукция в прибрежных лагунах бореальной части Тихого океана может достигать 850 мгС/м^2 , что на порядок выше величин, наблюдаемых в большинстве самых продуктивных районов собственно шельфа [86]. Лагуны существенно повышают продуктивность открытых прибрежных вод за счет аутвеллинга – выноса биогенных элементов отливными течениями [69]. Для северо-восточного Сахалина это подтверждается значительно повышенными, в сравнении с остальной западноооооморской акваторией, величинами первичной продукции [87], в период летнего "цветения" микроводорослей достигающими 368 мгС/м^2 [88]. Значительные площади дна лагуны Пильтун заняты зарослями морской травы зостеры. В период отлива в прибрежные воды из лагуны выносятся большое количество растворенного органического вещества, продуцируемого зостерой и детрита, образующегося при ее микробном разложении.

3. Ухудшение физического состояния серых китов в районе нагула. Во Введении отмечалось, что в 1999-2000 гг. исследователи зафиксировали определенные изменения как в распределении, так и в физическом состоянии китов. В качестве возможных причин указывались:

- возникновение заболеваний;
- резкие изменения в метаболизме под влиянием стресса, вызванного длительным влиянием антропогенных факторов, таких как подводный шум;
- сокращение кормовой базы, вызванное природными или антропогенными факторами.

Наше исследование бентоса в районе нагула китов было проведено в 2001 году. Установлено, что этот район характеризуется высокими значениями биомассы кормовых объектов и, что за 10-летний период (с 1992 г.), в исследованных районах не произошло статистически значимых изменений в обилии бентоса. Таким образом, в 2001 г. наблюдалось среднемноголетнее состояние кормовой базы. Исходя из этого, следует ожидать уже в конце сезона нагула 2001 и 2002 гг. нормального физического состояния особей серого кита.

Если же отклонения в физическом состоянии китов будут наблюдаться, то их причины нельзя связывать с состоянием (обилием) кормовой базы.

БЛАГОДАРНОСТИ

На разных этапах работ принимало участие много специалистов, оказавших неоценимую помощь в выполнении проекта. Особо отметим коллег по совместным водолажным работам: Г. Каменева, Н. Прохорова, М. Шубина, профессионализм которых обеспечили выполнение всего объема запланированных водолажных работ. Не меньший вклад в успех экспедиции внес д.б.н. В.Г. Тарасов, взявший на себя, кроме выполнения профессиональных задач, функцию координации и обеспечения безопасности судовых и водолажных работ.

Большую техническую помощь в камеральной обработке сборов оказали Л.Н. Хорольская, Т.А. Кривошеева, В.В. Мордухович, И.Л. Давыдова. Особо благодарим специалистов-систематиков: к.б.н. Л.Л. Будникову, к.б.н. М.В. Малютину, к.б.н. Г.М. Каменева, к.б.н. В.В. Гульбина, к.б.н. Э.В. Багавееву, к.б.н. С.Ф. Чаплыгину и к.б.н. Н.П. Фадееву за их кропотливый труд по определению видового состава бентоса.

Благодарим к.б.н. В.В. Андрееву (SEIC Ltd.), Roger Melton (Exxon Naftegas Ltd.), Steve Johnson и Sonya Meier (LGL Ltd. environmental research associates, Canada) за критические замечания на этапе подготовки заключительного отчета.

Особо благодарим С. Балыцок (SEIC Ltd.) за постоянный интерес к ходу выполнения проекта.

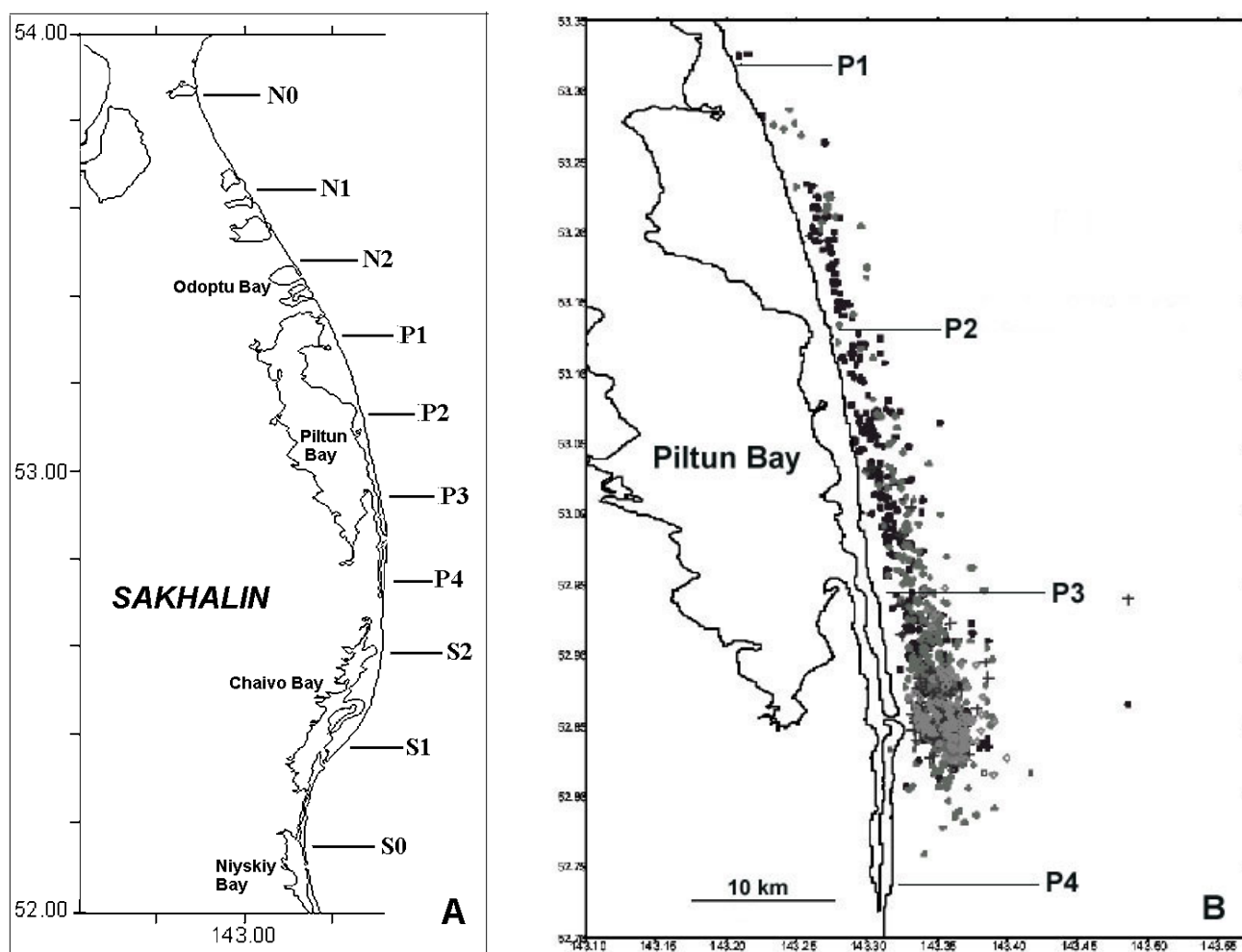


Рис. 39. Схема расположения водолазных разрезов в 2001 г. (A) и пространственное распределение серых китов в 1995-2000 гг. (B)

Распределение серых китов на рис. В соответствует Приложению 2 из отчета [74].

На рис. В нанесено расположение разрезов P1 – P4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фадеев В.И., Лукин В.И. К методике подводных гидробиологических исследований верхней сублиторали в условиях подвижных морских экспедиций // Подводные гидробиологические исследования. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1982. С 21-34.
2. Лукин В.И., Фадеев В.И. Особенности планирования гидробиологических работ на акваториях большой протяженности // Подводные гидробиологические исследования. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1982. С. 13-20.
3. Безруков П.Л., Лисицин А.П. Классификация осадков современных водоемов // Тр. ин-та океанологии АН СССР. 1960. т. 32. С. 3-15.
4. Шепард Ф.П. Морская геология. Л.: Недра, 1976. 488 с.
5. Tiel H. Quantitative Untersuchungen über Meiofauna des Tiefseebodens // Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven. 1966. Bd.2. S. 131-148.
6. Гальцова В.В. Количественный учет мейобентоса // Гидроб. ж. 1971. Т.7, №2. С. 132-136.
7. Гальцова В.В., Павлюк О.Н. Мейобентос бухты Алексева (залив Петра Великого, Японское море) в условиях марикультуры приморского гребешка. Владивосток: ИБМ ДВНЦ АН СССР. 1987. 49 с.
8. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ. М.: Мир, 1982. 488 с.
9. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. СПб.: Питер. 2001. 656 с.
10. Clarke K.R., Green R.N. Statistical design and analysis for a 'biological effects' study // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1988. V. 46. No. 1-3. P. 213-226.
11. UNEP: Statistical analysis and interpretation of marine community data. Reference Methods for Marine Pollution Studies. UNEP. 1995. No 64. 54 p.
12. UNESCO: Second IOC Workshop on the Biological Effects of Pollutants. Bermuda, 10 September-2 October 1988. IOC, UNESCO, Paris, 1988. 30 p.
13. Manual of methods in aquatic environment research. (1992). Part 11. biological assessment of marine pollution. FAO Fisheries Technical Paper No. 324. Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 34 p.
14. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат. 1983. 239 с.
15. Bilyard G.R. Becker S. Recommend protocols for sampling and analyzing subtidal benthic macroinvertebrate assemblages in Puget Sound. US EPA Washington, 1987. 30 p.
16. CSA. Состояние окружающей среды в районе Пилтун-Астохского месторождения. Отчет по результатам исследования 1995 г. CSA. 1996. Континентальный шельф острова Сахалин, Российская Федерация. 121 с.

17. CSA. Состояние окружающей среды в районе Пильтун-Астохского месторождения. Отчет по результатам исследования 1996 г. CSA. 1997. Континентальный шельф острова Сахалин, Российская Федерация. 76 с.
18. Белан Т.А. Особенности обилия и видового состава бентоса в условиях загрязнения (залив Петра Великого, Японское море). Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук. 2001. Владивосток: ТИНРО-центр. 22 с.
19. Ткалин А.В. Загрязнение морской среды в приустьевой зоне реки Туманной // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток: Дальнаука. 2001. Т. 2. С. 20–26.
20. Weller D.W., Brownell R.L., Jr. *Eschrichtius robustus* (Asian or Northwest Pacific Stock), in: C. Hilton-Taylor (comp.) 2000 IUCN Red List of Threatened Species. IUCN/SSC, Gland, Switzerland and Cambridge, United Kingdom.
21. Sobolevsky, E.I. Marine mammal studies offshore northeast Sakhalin, 1999. Final Report by the Institute of Marine Biology, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, for Sakhalin Energy Investment Company, Yuzhno-Sakhalinsk. 2000. 149 p.
22. Блохин С.А., Павлючков В.А. Питание серых китов калифорнийско-чукотской популяции в водах Чукотского полуострова в 1980 г. // Научно-исследовательские работы по морским млекопитающим северной части Тихого океана в 1980-1988 гг. М., 1988. С. 24-37.
23. Elliott J.M. Statistical analysis of samples of benthic invertebrates // Freshwater Biol. Ass., Sci. Publ., 1977. V. 25. P. 3-15.
24. Fauchald K., Jumars P.A. The diet of worms: a study of Polychaete feeding guilds // Ocenogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 1979, V. 17, P. 193-284.
25. Wildish D., Kristmanson D. Benthic suspension feeders and flow. Cambridge Univ. Press. 1997. 409 p.
26. Sobolevsky, E.I. Marine mammal studies offshore northeast Sakhalin, 2000. Final Report by the Institute of Marine Biology, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, for Sakhalin Energy Investment Company, Yuzhno-Sakhalinsk. 2001. 199 p.
27. Аверинцев В.Г., Сиренко Б.И., Шереметевский А.М., Кобликов В.Н., Павлючков В.А., Пискунов А.И. Некоторые закономерности распределения жизни на шельфе восточного Сахалина и северо-западной части Охотского моря // Тезисы докладов XIV Тихоокеанского научного Конгресса, Хабаровск, 1979. С. 16-17.
28. Кобликов В.Н. Количественная характеристика донного населения присахалинских вод Охотского моря. // Количественное и качественное распределение бентоса: кормовая база бентосоядных рыб. Москва: ВНИРО. 1983. С.4-21.
29. Kuznetsov, A.P. Distribution of benthic fauna in the western Bering Sea by trophic zones and general issues of trophic zonation // Trans. Inst. Okeanol. AN SSSR. 1964. V. 69, P. 98-177.
30. Нейман А.А.. Количественное распределение и трофическая структура бентоса шельфов Мирового океана. ВНИРО. 1988. 100 с.

31. Дерюгин К.М., Сомова Н.М. Материалы по количественному учету бентоса залива Петра Великого // Исслед. дальневосточных морей. 1941. Вып. 7. С. 13-36.
32. Фадеев В.И. Сообщества макробентоса верхней сублиторали острова Монерон // Бентос шельфа острова Монерон. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 18-40.
33. Фадеев В.И., Ивин В.В. Фауна и экология морских ежей шельфа острова Монерон // Бентос шельфа острова Монерон. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 114-127.
34. Aleksandrov B.G. Caloric content of invertebrates of the Black Sea. 1. Zooplankton and meiobenthos // *Ecologiya morja*, 2001. N 55, P. 5-10.
35. Brawn V. M., Peer D.L., Bentley R.J. Caloric content of the standing crop of benthic and epibenthic invertebrates of St. Margaret's Bay, Nova Scotia // *J. Fish. Res. Bd. Canada*. 1968. V. 25, N9, P. 1803-1811.
36. Griffiths D. Caloric variation in crustacea and other animals // *J. Anim. Ecol.* 1977. V. 46. P. 593-605.
37. Kotenko V.G., Nadtochji. Chemistry and caloric content of benthos in the western Kamchatka shelf // *Gidrobiologicheskij zhurnal*. 1990. V. 26, N 1. P. 64-66. (in Russian).
38. Norrbin F., Båmstedt U. Energy contents in benthic and planktonic invertebrates of Kosterfjorden, Sweden. A comparison of energetic strategies in marine organism groups // *Ophelia*. V. 23, N1. P. 47-64.
39. Tyler A.V. Caloric values of some North Atlantic invertebrates // *Mar. Biol.* 1973. V. 19. P. 258-261.
40. Crisp D.J. Energy flow measurements. In: *Methods for the Study of Marine Benthos*. N.A. Holme and A.D. McIntyre (eds). Blackwell Sci. Publ., Oxford and Edinburgh, P. 197-279.
41. Pogrebov I.B., Galtsova V.V., Phokin S.I. Meio- and macrobenthos of oil field (Barents Sea): assessment and ecological monitoring // *Vestnik S-PSU*, 1995, Ser.36, Iss. 4, № 24. P.9-19.
42. Platt H.M., Shaw K.M., Lambshead P.J.D. Nematode species abundance patterns and their use in the detection of environmental perturbations // *Biology of meiofauna*. Heip (ed.) Dr. W. Junk, Dordrecht, 1984, P.59-66.
43. Ferris V.R., Ferris J.M. Thread worms (Nematoda) // *Pollution ecology of estuarine invertebrates* Hart C.W., Fuller S.L. (ed.) Academic Press, London, 1979, P. 1-33.
44. Platt H.M., Warwick R.M. The significance of free-living marine nematodes to the littoral ecosystem // *The shore environmental*. Price J,h. Irvine D.E.G., Farnham W.E. (ed.) Academic Press, London, New York, 1980, P. 729-759.
45. Coull B.C., Palmer M.A. Field experimentation in meifaunal ecology // *Biology of meiofauna*. Heip (ed.) Dr. W. Junk, Dordrecht, 1984, P.1-19.
46. Platt H.M., Warwick R.M. The significance of free-living marine nematodes to the littoral ecosystem // *The shore environmental*. Price J,h. Irvine D.E.G., Farnham W.E. (ed.) Academic Press, London, New York, 1980. P. 729-759.

47. Lamshead P.J.D. Sub-catastrophic sewage and industrial waste contamination as revealed by marine nematode faunal analysis // *Ecol. Prog. Ser.* 1984. V.29. P.247-260.
48. Vincx M., Heip C. The use of meiobenthos in pollution monitoring studies: a review//*ICES*. 1991. V.16. P.50-67.
49. Danovaro R. Benthic microbial loop and meiofaunal response to oil-induced disturbance in coastal sediments: a review // *Int. J. Environment and Pollution*. 2000. V.13, N 1-6. P. 380-392.
50. Grassle J.F., Elmgren R., Grassle J.P. Response of benthic communities in MERL experimental ecosystems to low level chronic additions of N 2 fuel oil // *Marine Environmental Research*. 1980. V.4. P. 279-297.
51. Burkovsky I.V. Structurno-functional organisation and stability of marine benthic communities. Moscva. Izdatel'stvo MSU. 1992. 208 pp. (in Russian).
52. Montagna P., Bauer J., Prieto M., Hardin D., Spies R. 1986. Benthic metabolism in a natural coastal petroleum seep // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1986. V. 34, P. 31-40.
53. Kiyashko S.I., Fadeeva N.P., Fadeev V.I. Petroleum hydrocarbons as a source of organic carbon for the benthic macrofauna of polluted marine habitats determined by $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ analysis. // *Doklady Biological Sciences*. 2001. 381, N2, P. 283-285 (in Russian).
54. Cristie H., Berge J.A. In situ experiments on recolonization of intertidal mudflat fauna to sediment contaminated with different concentrations // *Sarsia*. 1995. V.80. P.175-185.
55. Fadeev V., Fadeeva N. Distribution of small-sized benthic organisms in conditions of chronic oil pollution of bottom sediments // *Proceed. Internat. Simp. Earth-Water-Humans*. Kanazawa, 1999. P. 146-154.
56. Fadeeva N.P., Bezverbnaja I.P., Tazaki K., Watanabe H., Fadeev V.I. Composition, structure and metabolism of benthic communities in muddy sediments in conditions of chronic anthropogeneous pollution (on an example Golden Horn Bay) // *Fundamental marine biota research*. Vladivostok. Izdatel'stvo FESU. 2002. P.62-65. (in Russian).
57. Scheremetevsky A.M. Meiobenthic role in biocenoses of South Sakhalin shelf, Eastern Kamchatka and Novosibirscous shallow-water. Leningrad: Nauka, 1987. 136 pp.
58. Ivankov V.N., Andreeva V.V., Tyapkina N.V., Rukhlov F.N., Fadeeva N.P. Biology and feeding base of juvenile Pacific salmon during the early period of ocean life. Vladivostok: Far Eastern State University Press. 1999. 260 pp. (in Russian).
59. Heip C., Vincx M., Vranken G. The ecology of marine nematodes. Belgium// *Oceanogr. Mar. Bial. Ann. Rev.*, 1985. P. 399 – 489.
60. Koblikov, V.N. Benthic Communities on the Continental Shelf and Upper Part of the Slope of the Okhotsk Coast of Sakhalin Island. TINRO. 1986. Manuscript depos. 54pp.
61. Павлючков В.А. Бентос северо-западной части Охотского моря // *Биология шельфовых зон Мирового океана*. Владивосток 1982. Ч. I. С. 54-55.
62. Благодаров А.И., Маркина Н.П. Охотское море // *Биол. ресурсы Тихого океана*. М.: Наука. 1986. С. 417-426.

63. Фадеев В.И., Тарасов В.Г. Многолетние изменения донных сообществ Южно-Курильского мелководья (по материалам 40-х и 90-х годов) // Тез. докл. VШ съезда гидро-биолог. об-ва РАН, Калининград, 16-23 сент. 2001. Калининград. 2001. Т. 1. С. 312-313.
64. Kussakin, O.G., Sobolevsky E.I., Blokhin S.A. A review of benthos investigations on the shelf of the northeast Sakhalin. Draft Report by the Institute of Marine Biology, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, and the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography (TINRO), State Comm. for Fish. and Oceanog., Vladivostok. 2001. 89 pp.
65. Надточий В.А. О многолетней изменчивости и количественном распределении бентоса на западнокамчатском шельфе // Известия ТИНРО. 1984. Т. 109. С. 62-65.
66. Begon M., Harper J. L., Townsend C. R. Ecology: individuals, populations, and communities. Sinauer Associates. 1986. 876 p.
67. Dunham, J. S., Duffus D.A.. Foraging patterns of gray whales in central Clayoquot Sound, British Columbia. Marine Ecology Progress Series, 2001. V. 223. P. 299-310.
68. Nerini, M. A review of gray whale feeding ecology. In The Gray Whale, (*Eschrichtius robustus*). M.L. Jones, S.L. Swartz, Leatherwood S. (eds). Academic Press, Inc., Orlando, Florida. 1984. P. 451-463.
69. Kafanov A.I., Labay V.S., Pecheneva N.A., Samatov A.D. Biota and bottom communities of the northeast Sakhalin lagoons. Yuzhno-Sakhalinsk. (in press).
70. Zimushko, V.V., Lenskaya S.A. On the feeding of the gray whale (*Eschrichtius gibbosus* Erxl.) in the summer feeding areas // Ecologia. 1970. V. 3, P. 26-35. (in Russian)
71. Руководство по методам анализа загрязняющих веществ в морских донных отложениях № 43. М.: Гидрометеиздат. 1979. 39 с.
72. Методические указания. Определение загрязняющих веществ в пробах морских донных отложений и взвеси. РД 52.10.556-95. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. М. 1996. 50 с.
73. Draper, N., Smith, H. Applied Regression Analysis. Wiley-Interscience. 1981. 709 p.
74. Weller D.W., Wursig B., Burdin A.M., Bradford A.L. Gray whales off Sakhalin Island, Russia: June-September 2000. A joint U.S.-Russian scientific investigation. Interim Report by Texas A&M University, College Station, TX, and Kamchatka Institute of Ecology and Nature Management, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatskii, Russia, for Sakhalin Energy Investment Company Limited, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia. 2001. 24 p.
75. Блохин С.А. Распределение, численность и поведение серых китов американской и азиатской популяций в районах их летнего распределения у берегов Дальнего Востока // Изв. ТИНРО-центра. Т. 121. 1996. с.36-53.
76. Соболевский Е.И., Яковлев Ю.М., Кусакин О.Г. Некоторые данные по составу макробентоса на кормных участках серого кита (*Eschrichtius gibbosus* Erxl., 1877) на шельфе северо-восточного Сахалина // Экология. 2000. № 2. С. 144-146.

77. Блохин С. А., Бурдин А. М. Распределение, численность и некоторые черты поведения серого кита *Eschrichtius robustus* азиатской популяции у северо-восточного побережья Сахалина // Биология моря. 2001. Т. 27, № 1. С. 15-20.
78. Соболевский Е.И. Современная численность и характер распределения серых китов на шельфе северо-восточного Сахалина // Морские млекопитающие Голарктики. Архангельск. 2000. С. 350-353.
79. Weller D. W., Wursig B., Dradford A.L., Burdin A.M., Blokhin S.A., Minakuchi H. Gray whales (*Eschrichtius robustus*) off Sakhalin Island, Russia: seasonal and annual patterns of occurrence // Marine mammal science. 1999. V. 15, N 4. P. 1208-1227.
80. Красавцев В.Б., Пузанков К.Л., Шевченко Г.В. Формирование апвеллинга на северо-восточном шельфе острова Сахалин под воздействием ветра // Тематический выпуск ДВНИГМИ №3. Владивосток: Дальнаука. 2000. С. 106-120.
81. LeDuc R.G., Weller D.W., Burdin A.M., Hyde J., Wursig B., Brownell R.L. Jr., Dizon A.E. Genetic differences between eastern and western gray whales. Reports on the International Whaling Commission Scientific Committee. 2000.
82. Le Boeuf B.J., Perez-Cortes, M., Urban R., Mate B.R., Ollervides F. High gray whale mortality and low recruitment in 1999 potential causes and implications // J. of Cetacean Res. and Management. 2000. V. 2. P. 85 - 99.
83. Берзин А.А. Практические проблемы в изучении китовых (на примере тихоокеанских китов) // Зоология позвоночных. 1974. Т. 6. С. 159-189.
84. Владимиров В. А. Проблемы сохранения находящейся на грани исчезновения популяции полярных и серых китов Охотского моря // Морские млекопитающие Голарктики. Архангельск. 2000.
85. Берзин А.А., Владимиров В.Л. Антропогенное воздействие на китов Охотского моря // Изв. ТИНРО. 1996. Т.121. С. 4-8.
86. Subba Rao D.V. Spatial and temporal variations of phytoplankton production in lagoons // UNESCO Techn. Papers Mar. Sci. 1981. N 33. P. 173-189.
87. Налетова И.А., Сапожников В.В., Метревели М.П. Особенности распределения первичной продукции в летний период и оценка суммарной продукции в Охотском море // Комплексн. исслед. экосист. Охотского моря. М.: ВНИРО, 1997. С. 98-103.
88. Сорокин Ю.И. Первичная продукция в Охотском море // Комплексн. исслед. экосист. Охотского моря. М.: ВНИРО, 1997. С. 103-110.
89. Блохин С.А., Иващенко Ю.В., Бурдин А.М. Численность и распределение серых китов (*Eschrichtius robustus*) у северо-восточного Сахалина // Изв. ТИНРО-центра. 1999. Т. 126.