

Информация.
Экспедиции ВНИРО

УДК 639.2.001.5:629.124.68(047)(268.53)

Предварительные результаты рыбохозяйственных исследований в море Лаптевых на НИС «Профессор Леванидов» в сентябре 2019 г.

А.М. Орлов^{1,2}, А.Н. Бензик³, Е.В. Ведищева¹, К.М. Горбатенко⁴, С.В. Горянина¹, В.Л. Зубаревич¹, К.В. Кодрян¹, М.А. Носов³, С.Ю. Орлова¹, А.П. Педченко^{1,5}, М.О. Рыбаков³, А.М. Соколов³

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

² Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН (ФГБУН «ПИБР ДНЦ РАН»), г. Махачкала; Национальный исследовательский Томский государственный университет (ФГАОУ ВО «НИТГУ»), г. Томск; Дагестанский государственный университет (ФГБОУ ВО «ДГУ»), г. Махачкала; Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ФГБУН «ИПЭЭ РАН»), г. Москва

³ Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), г. Мурманск

⁴ Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток

⁵ Российский государственный гидрометеорологический университет (ФГБОУ ВО «РГГМУ»), г. Санкт-Петербург
E-mail: orlov@vniro.ru

В сентябре 2019 г. НИС «Профессор Леванидов» выполнил комплексные исследования в море Лаптевых от 140° до 110° в. д. на глубинах 60–950 м. В районе работ отмечены положительные аномалии температуры воздуха и воды на поверхности моря до +2+3 °С и +1,5 °С, соответственно, при аномально низкой ледовитости моря. В верхнем 200-метровом слое доминировали холодные арктические и распреснённые воды речного стока. Атлантические воды прослеживались в слое от 180–300 м до дна, а их ядро — по максимальной температуре +1,6+1,92 °С на 240–280 м. Работы проводились в период завершения активной вегетации фитопланктона. Насыщение воды кислородом почти во всем поверхностном слое было ниже 100%. Первичная продукция лимитировалась содержанием минерального азота. Невысокие концентрации фосфатов, нитратов и кремния в промежуточных водах свидетельствовали о проникновении вод атлантического происхождения. Средняя биомасса планктона на шельфе составляла 239,8 мг/м³, на склоне — 374,2 мг/м³. Копеподы и хетогнаты с заметным вкладом гипериид и эвфаузиид доминировали в планктоне по массе. Основу зоопланктона составляли крупные организмы, мелкая и средняя фракции составляли 22 и 10%. В траловом бентосе преобладали офиуры, морские звёзды и креветки. В донных траловых уловах отмечено 25 демерсальных видов рыб 14 семейств. Zoarcidae, Liparidae и Gadidae представлены наибольшим числом видов. Сайку отмечали по всему маршруту, а наибольшие ее концентрации — в атлантических водах на глубинах 217–460 м. В пище молоди сайки доминировали копеподы, рацион взрослых особей дополнялся крупными пелагическими ракообразными и рыбой при высоком уровне каннибализма. Чёрный палтус обнаружен вдоль всего материкового склона на 270–750 м, а максимальные уловы — в центральной и западной его частях. Увеличение численности и встречаемости палтуса обусловлено широким распространением атлантических вод на материковом склоне. Основным компонентом его рациона была сайка.

Ключевые слова: море Лаптевых, комплексные исследования, гидрология, гидрохимия, зоопланктон, бентос, иктитофауна, трофология, акустические данные, микропластик, генетические исследования, акваДНК.

DOI: 10.36038/2307-3497-2020-179-206-225

В соответствии с Планом ресурсных исследований и государственного мониторинга водных биоресурсов на 2019 год, утверждённым приказом Федерального агентства по рыболовству от 30 ноября 2018 г. № 701 (пп. 22–25, 38, 91, 92), во время трансарктического перехода из п. Анадырь в п. Мурманск в сентябре 2019 г. на научно-исследовательском судне «Профессор Леванидов» (судовладелец БИФ ВНИРО), в водах моря Лаптевых были продолжены рыбохозяйственные исследования, начатые в Чукотском и Восточно-Сибирском морях [Орлов и др., 2019, 2020]. Работы проводили в период с 9 по 14 сентября 2019 г. на акватории, ограниченной долготами 140° и 110° в. д., в пределах российской исключительной экономической зоны (рис. 1). Исследована акватория общей площадью 9189,67 мили² (31 519,68 км²), пройдено 725 миль (1342,7 км). Методика проведения исследований описана в наших предыдущих работах. Запланированные работы осложнялись малой изученностью района и сложностью рельефа дна на свале глубин. При проведении большинства тралений с целью снижения вероятности повреждения орудия лова предварительно выполнялся поиск ровного участка поверхности с минимальными перепадами глубин. Всего в течение рассматриваемого периода

выполнено 25 океанологических и 19 гидробиологических и гидрохимических станций и 21 донное траление.

Метеорологические и океанологические исследования. Океанографические наблюдения выполняли на притраловых станциях в диапазоне глубин от 60 до 950 м.

По географическому положению и гидрологическим условиям море Лаптевых относится к материковым окраинным морям. Значительная протяжённость моря с юго-запада на северо-восток создаёт климатические различия от места к месту, заметно выраженные по сезонам. В разные времена года море Лаптевых находится под влиянием различных центров действия атмосферы, что определяет синоптическую обстановку и погоду над ним [Добровольский, Залогин 1982].

В результате активной циклонической деятельности в сентябре 2019 г. над акваторией морей Сибирского региона сформировалась обширная область низкого давления с центром в районе Новой Земли. По данным Гидрометцентра России аномалии приземного давления в её границах составили минус 3–7 гПа. Перестройка крупномасштабных атмосферных процессов, усиление интенсивности адвекции тёплых воздушных масс и по-

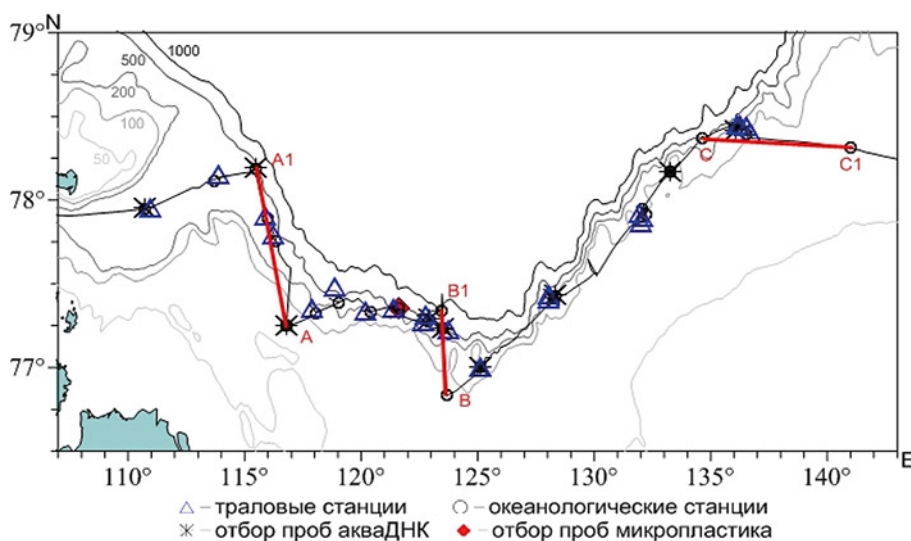


Рис. 1. Маршрут НИС «Профессор Леванидов» и положение траловых и океанологических станций и мест отбора проб на микропластик и акваДНК в море Лаптевых в сентябре 2019 г. (жирными линиями показаны океанологические разрезы: А-А1, В-В1 и С-С1 в западной, центральной и восточной частях моря)

вторяемости потоков южных направлений в Сибирский регион Арктики обусловили превышение нормы температуры воздуха. Среднемесячная её аномалия в сентябре составила +2 — +3 °С [Орлов и др., 2020].

Интенсивный выносной дрейф и адвекция тепла обусловили аномально низкие значения ледовитости в море Лаптевых в августе-сентябре 2019 г., минус 50–55% относительно среднемноголетнего значения (1978–2018 гг.) и смещение границы остаточных льдов к северу за пределы моря [ААНИИ, 2019].

Погодные условия в период работ в море Лаптевых в целом не препятствовали проведению научных рыбохозяйственных исследований. Штормовая погода отмечалась в период 9–11 сентября в результате прохождения через акваторию моря в генеральном южном направлении циклона с давлением в центре 995–997 гПа. Улучшению погодных условий в последующие дни (12–14 сентября) способствовало изменение синоптической ситуации и формирование области Арктического антициклона над Карским морем с давлением в центре 1020–1026 гПа.

В период работ отмечали кучевые формы облачности общим количеством 8–10 баллов. Преобладали ветры силой 4–6 баллов северной четверти (северо-западный, северный, северо-восточный), повторяемость которых составила 79%, при прохождении вторичных холодных фронтов в тыловой части циклона скорость ветра увеличивалась до 17–22 м/с. Волнение моря в среднем за период наблюдений составило 3–5 баллов. Повторяемость туманов не превысила 8%. Среднее значение относительной влажности воздуха составило 84%. Особенности изменения атмосферного давления, температуры воздуха, направления и скорости преобладающих ветров, повторяемости скорости ветра по данным судовых наблюдений в море Лаптевых представлены на рис. 2. Потери времени вследствие неблагоприятных условий погоды составили около суток (13% от общего времени).

Условная граница, разделяющая западную и восточную части моря Лаптевых проходит по 120° в. д. Часть акватории исследований была расположена в зоне выноса вод речного стока между 116° и 126° в. д. и рассматривает-

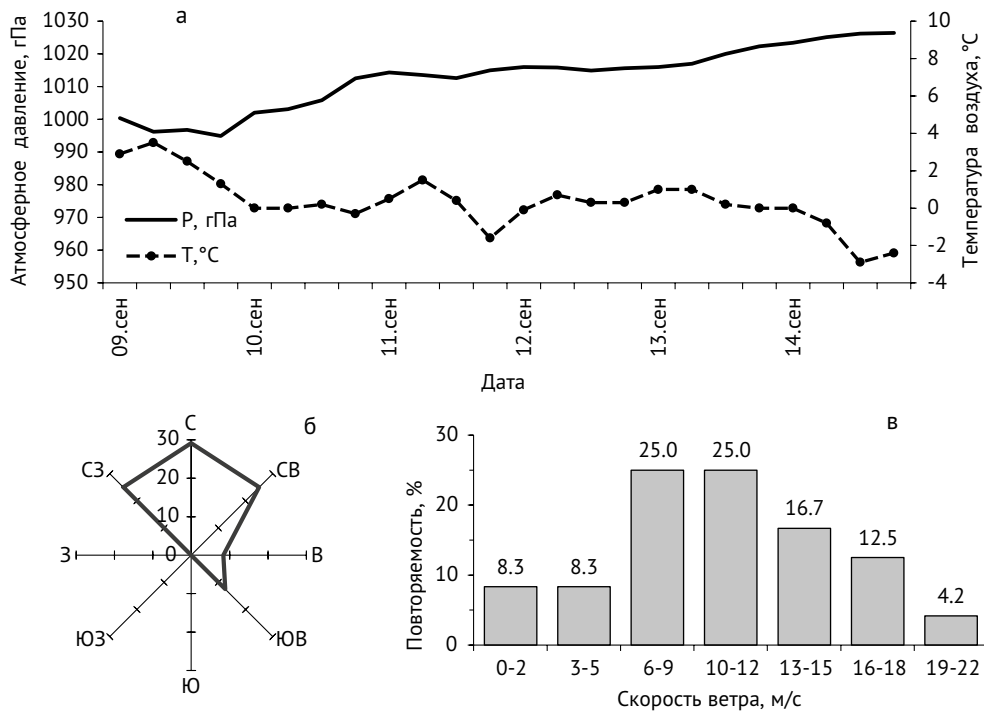


Рис. 2. Динамика атмосферного давления (гПа) и температуры воздуха °С (а), направления и скорости преобладающих ветров (б) и повторяемость скорости ветра, % (в) по данным судовых наблюдений

ся в тексте как южная часть моря. Соответственно станции наблюдений, расположенные севернее $77^{\circ}25'$ с. ш. и к западу от 120° в. д., отнесены к западной части моря, а выполненные восточнее и севернее указанных координат — к восточной части моря Лаптевых.

В границах исследований отмечали холодные воды Арктического бассейна, относительно тёплые и распреснённые воды речного стока и тёплые атлантические воды, поступающие в море Лаптевых из Центрального Арктического бассейна. Их пространственное распределение на шельфе и материковом склоне наглядно иллюстрирует распределение температуры, солёности и гидрохимических характеристик на разрезах

в западной, южной и восточной частях моря (рис. 3–5).

В западной части моря, где в поверхностном и подповерхностном слоях доминировали холодные воды Арктического бассейна, температурные условия на поверхности варьировали в пределах $0,3\text{--}1,8^{\circ}\text{C}$ при солёности $29,6\text{--}30,5\text{‰}$. Верхний квазиоднородный слой (ВКС) располагался на глубине $9\text{--}15$ м. Воды холодного галоклина, который характеризуется отрицательными температурами при солёности $33,5\text{--}34,4\text{‰}$, отмечали в слое $23\text{--}180$ м с минимальными значениями температуры минус $1,4\text{--}1,6^{\circ}\text{C}$ на глубине $30\text{--}80$ м. Влияние вод атлантического происхождения прослеживалось на глубоко-

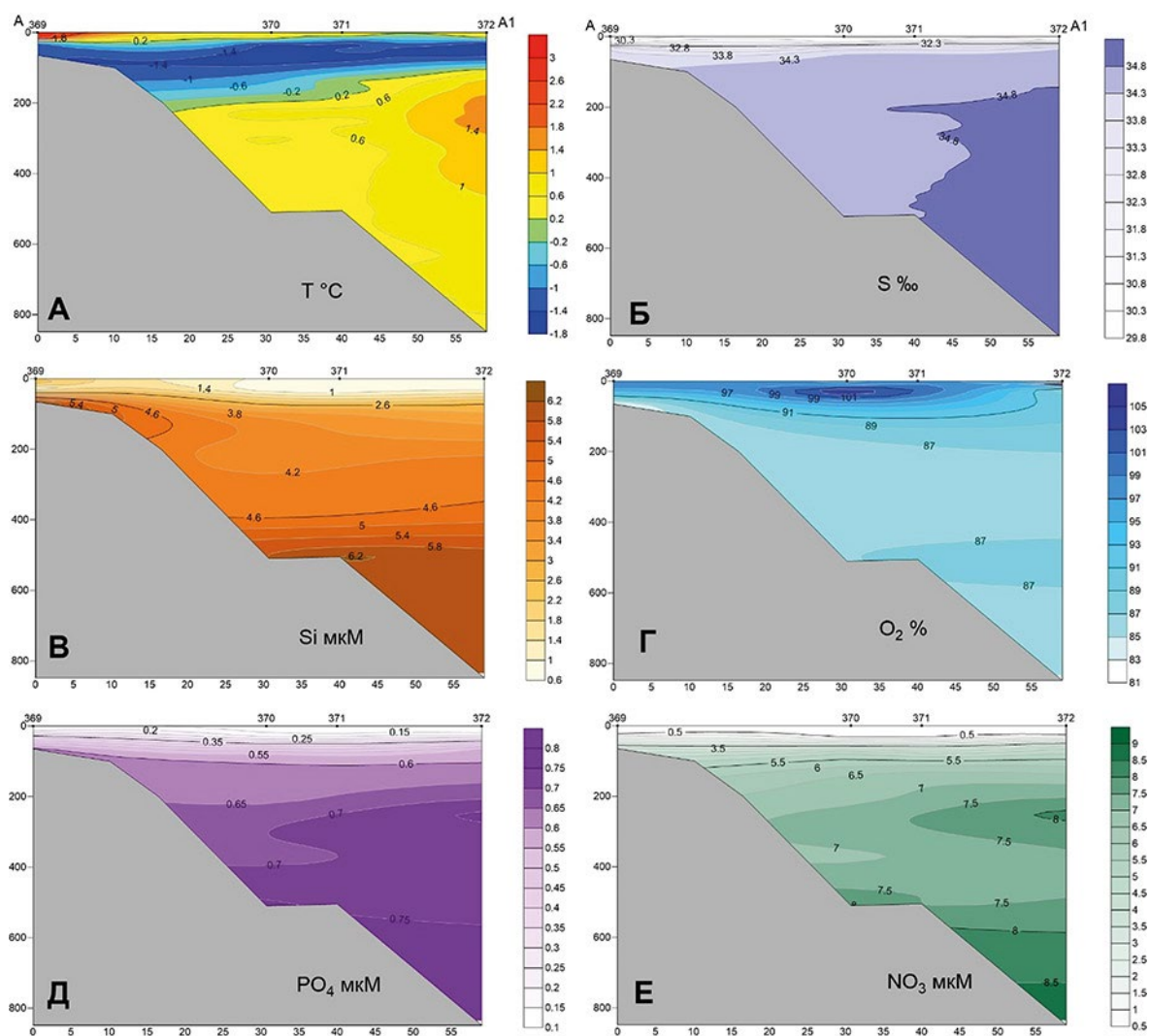


Рис. 3. Распределение температуры, $^{\circ}\text{C}$ (А), солёности, ‰ (Б), кремния, мкМ (В), насыщения воды кислородом, % (Г), фосфатов, мкМ (Д) и нитратов, мкМ (Е) на разрезе А-А1 в западной части моря

водных станциях на горизонтах от 200 м до дна по положительным температурам воды. Максимум температуры атлантических вод 1,4–1,6 °С при солёности 34,80–34,86‰ в западной части моря Лаптевых был зарегистрирован над материковым склоном в слое 190–275 м. Особенности вертикального распределения температуры и солёности на разрезе А-А1 в западной части моря представлены на рис. 3.

В южной части моря Лаптевых на участках влияния речного стока в результате смешения речных и поверхностных арктических вод формировались опреснённые воды с относительно высокой температурой от 1,8 до 3,4 °С и солёностью 29,95–30,21‰. Вертикальный прогрев вод здесь был незна-

чительно выше, чем в западной части моря, и ВКС отмечали на глубине от 9 до 18 м. Слой холодного галоклина на станциях был хорошо выражен и регистрировался по низким значениям температуры на горизонтах 30–205 м. Минимальные температуры минус 1,3–1,54 °С в этом слое отмечали на горизонтах 29–70 м при солёности 33,5–34,5‰. На участках материкового склона с глубинами свыше 350 м отмечали присутствие вод атлантического происхождения. Максимальные температуры атлантических вод составляли 1,3–1,75 °С при солёности 34,7–34,88‰ и прослеживались на горизонтах 240–275 м. Характер вертикального распределения температуры и солёности на разрезе В-В1 в южной части моря показан на рис. 4.

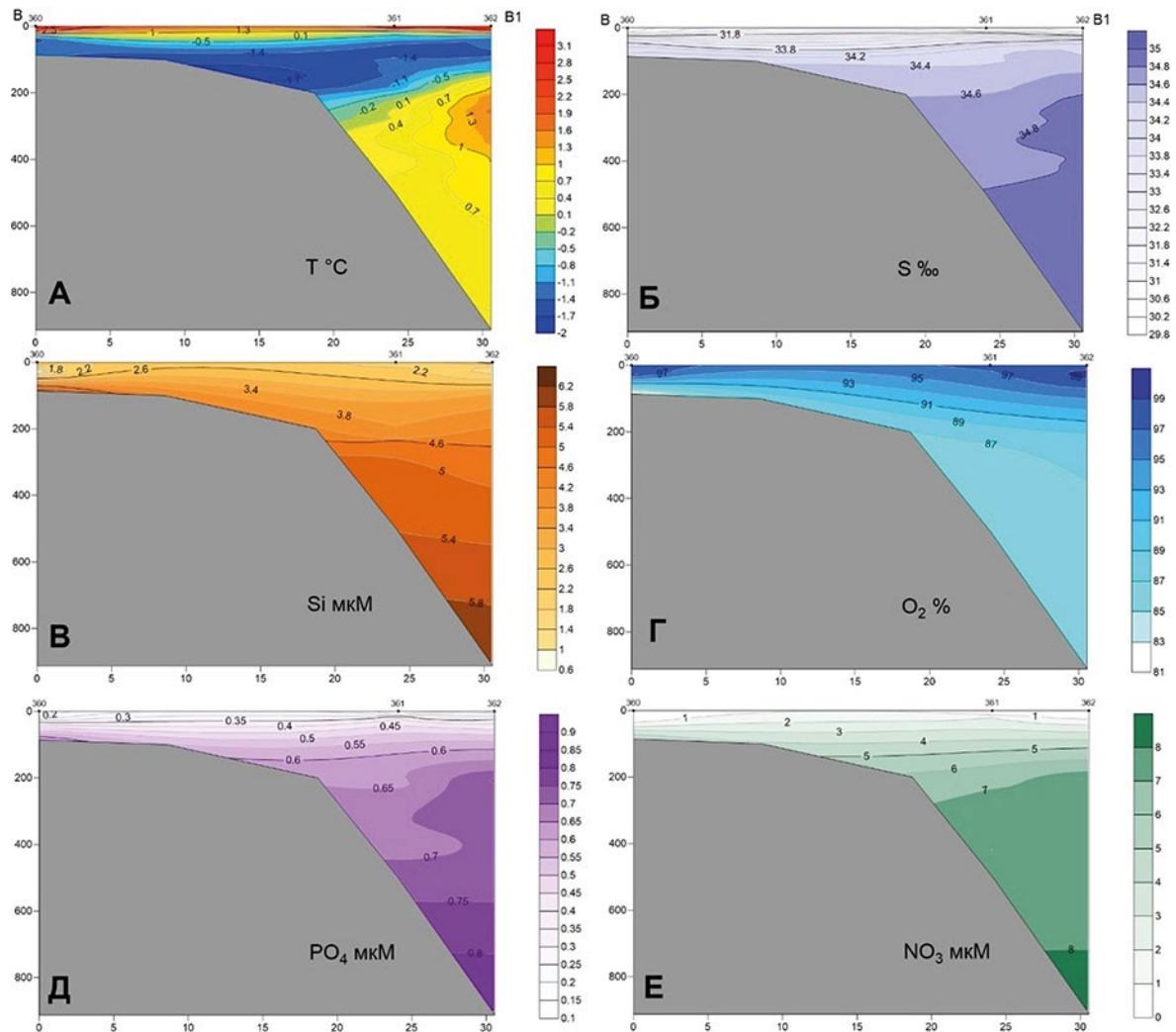


Рис. 4. Распределение температуры, °С (А), солёности, ‰ (Б), кремния, мкМ (В), насыщения воды кислородом, % (Г), фосфатов, мкМ (Д) и нитратов, мкМ (Е) на разрезе В-В1 в южной части моря

В восточной части моря над материковым склоном на поверхности отмечали воды арктического происхождения, характеризовавшиеся температурой от 2,1 до 3,2 °С и солёностью от 30,33 до 31,0‰. ВКС был достаточно хорошо выражен и прослеживался на глубинах от 7 до 16 м. На большинстве станций ниже слоя скачка располагался слой холодного галоклина, который отмечали в слое от 26 до 143 м по низким значениям температуры от минус 1,1 до минус 1,7 °С при солёности 33,3–34,5‰. Воды атлантического происхождения регистрировали на станциях с глубинами более 200 м. Над восточной частью материкового склона максимум температуры атлантических вод составил 1,8–1,9 °С и зарегистрирован на го-

ризонте 220–320 м при солёности от 34,80–34,88‰. Характер вертикального распределения температуры и солёности на разрезе С–С1 в восточной части моря представлен на рис. 5.

В ходе исследований получены данные о термохалинных характеристиках придонного слоя на границе шельфа и материкового слоя моря Лаптевых, характеризующие условия обитания донных видов гидробионтов. В западной части моря в диапазоне глубин 298–848 м значения придонной температуры и солёности составляли 0,1–0,6 °С и 34,73–34,88‰. В южной части, где наблюдения выполняли на глубинах от 64 до 912 м, температура и солёность изменялись в пределах от минус 1,4 до 0,6 °С и от 33,86 до

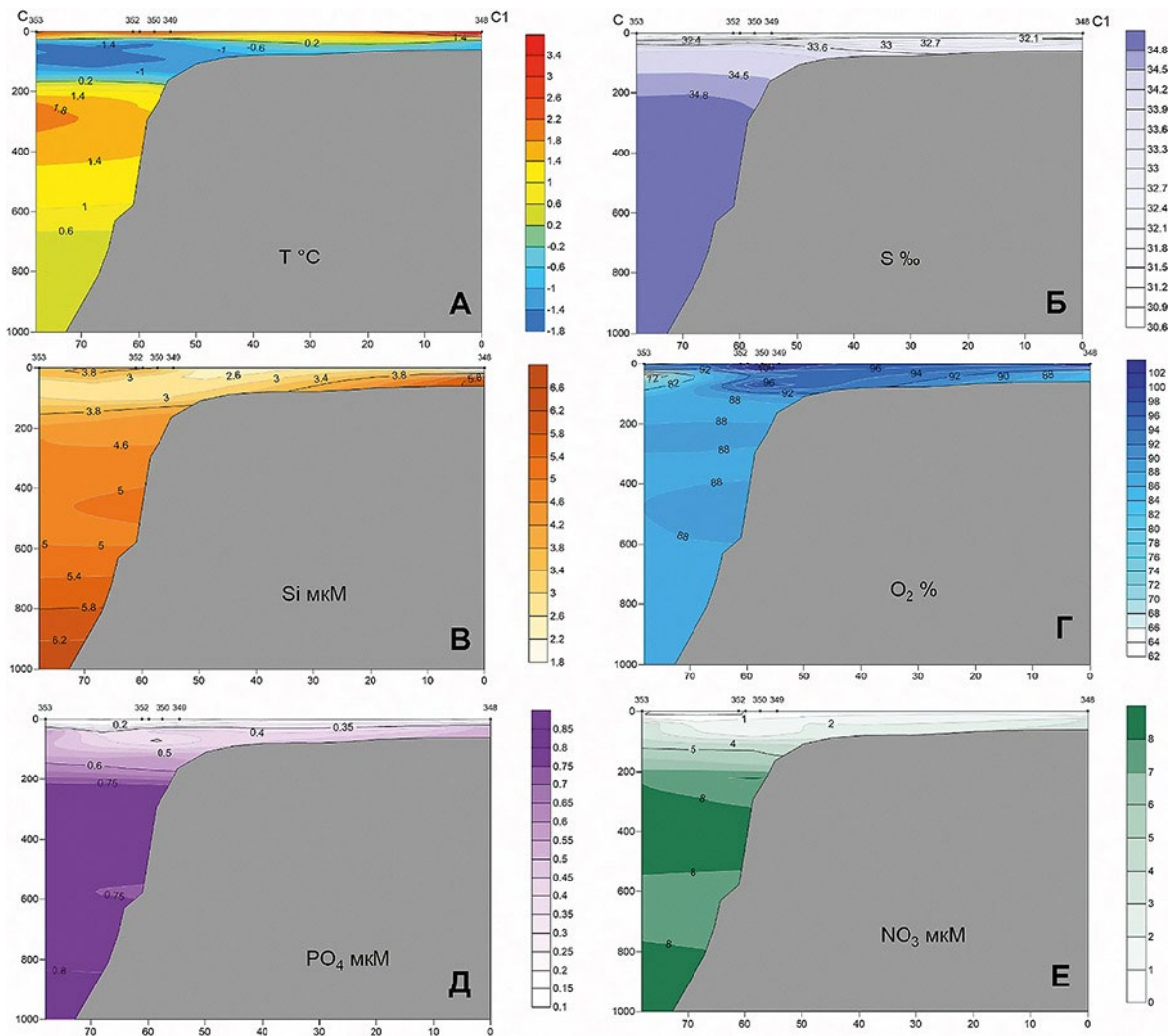


Рис. 5. Распределение температуры, °С (А), солёности, ‰ (Б), кремния, мкМ (В), насыщения воды кислородом, % (Г), фосфатов, мкМ (Д) и нитратов, мкМ (Е) на разрезе С–С1 в восточной части моря

34,88%, соответственно. В восточной части материкового склона в придонном слое на глубинах 162–988 м температура и солёность варьировали от минус 1,0 до 1,4 °С и от 34,41 до 34,87‰, соответственно.

Гидрохимические наблюдения. Гидрохимический режим моря Лаптевых в период наблюдений определялся в поверхностном слое активной вегетацией фитопланктона и речным стоком, в водах ниже слоя холодного галоклина — проникновением вод атлантического происхождения с низким содержанием всех биогенных элементов.

Соотношение концентраций биогенных элементов показывает, что в период исследований процессы фотосинтеза лимитировались

азотом, концентрации которого в фотическом слое снижались до аналитического нуля.

Анализ вертикального распределения растворённого кислорода в ВКС показал, что деструкционные процессы преобладали над продукционными. Содержание растворённого кислорода изменялось от 6,95 до 8,06 мл/л, а степень его насыщения — от 88 до 102%. При этом практически на всех станциях в поверхностном слое насыщение воды кислородом было ниже 100%. Область повышенного содержания кислорода наблюдалась в слое скачка температуры от 15 до 30 м. В придонном слое концентрации кислорода находились в диапазоне от 6,79 до 7,2 мл/л, а степень его насыщения — от 82 до 90%. При этом на глубоководных станци-

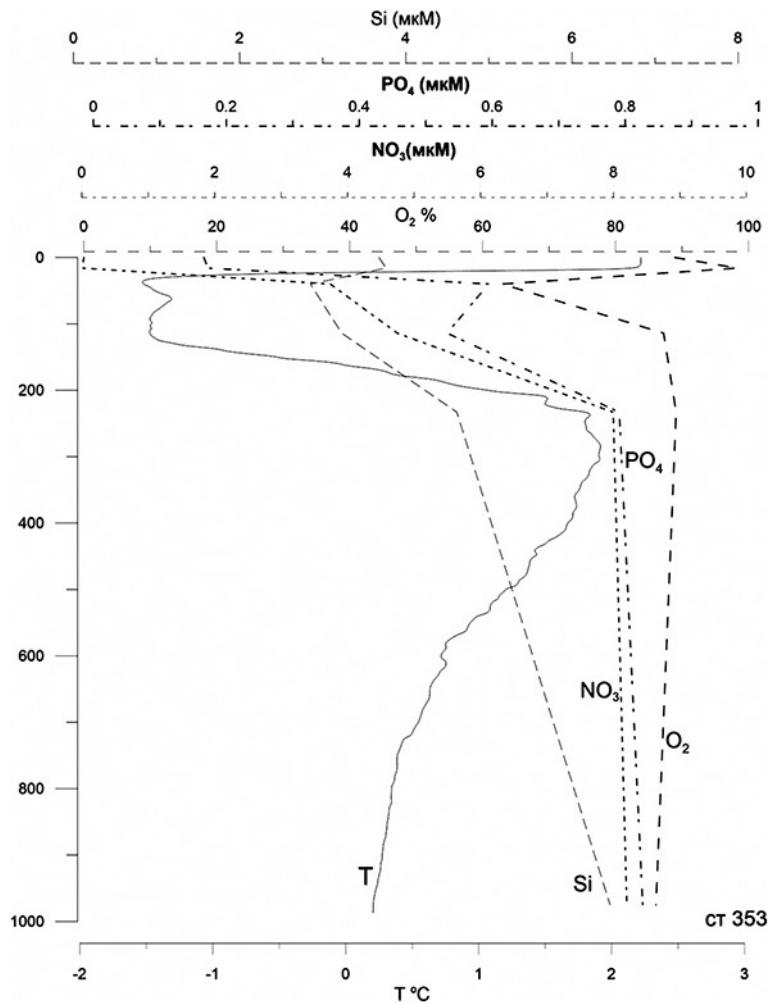


Рис. 6. Особенности вертикального распределения температуры, азота нитратов (мкМ), растворённого кремния (мкМ), растворённого неорганического фосфора (мкМ) и насыщения воды кислородом (%) в восточной части материкового склона (78°22' с. ш., 134°40' в. д.).

ях на акватории наблюдений степень насыщения вод кислородом была выше 82%, что говорит о хорошей аэрации (см. рис. 3–5 Г).

В верхнем слое содержание всех биогенных элементов, кроме кремния, было незначительным: фосфатов (PO_4) <0,3; нитратов (NO_3) ~0,1; аммонийного азота (NH_4) <0,2 мкМ. Концентрация же кремния (1,2–3,8 мкМ) в значительной степени определялась влиянием речных вод, несущих высокие концентрации силикатов (см. рис. 3–5).

Особенности структуры вод в восточной части материкового склона моря (78°22' с. ш., 134°40' в. д.) хорошо иллюстрируются вертикальными профилями температуры, азота нитратов, растворённого кремния и неорганического фосфора, процентного насыщения воды кислородом (рис. 6).

Так на поверхности преобладали поверхностные арктические воды со свойственными им характеристиками и сезонным расслоением по температуре и солёности. Для 16-метрового прогретого слоя ВКС были характерны низкие концентрации биогенных элементов (PO_4 — 0,17 мкМ, NO_3 — 0,03 мкМ, Si — 3,68 мкМ) и высокая насыщенность вод кислородом (98%). Хорошо выраженный слой холодного галоклина в этой части моря располагался на глубине от 30 до 118 м. На его верхней границе резко увеличивалась концентрация фосфора (0,59 мкМ) и нитратов (3,74 мкМ), уменьшались концентрации кремния (2,85 мкМ) по сравнению с поверхностным слоем и степень насыщения воды кислородом (62%). Это так называемое «жидкое дно», на котором задерживается и окисляется органика. Максимум температуры, равный +1,92 °С, зафиксирован в ядре атлантических вод на глубине 280–283 м при солёности 34,88‰. В границах вод атлантического происхождения на глубинах свыше 233 м отмечали увеличение содержания биогенных элементов до 0,8 мкМ по фосфору, до 4,6 мкМ по кремнию и до 8 мкМ по нитратному азоту. Далее с увеличением глубины ко дну регистрировали уменьшение температуры до 0,47 °С и максимальное содержание всех биогенных элементов, кроме аммонийного азота, наблюдалось именно в придонном

слое (0,83 мкМ фосфора; 6,46 мкМ кремния; 8,20 нитратного азота).

По данным ААНИИ [2019] средняя температура воды на поверхности моря Лаптевых в сентябре 2019 г. составила 1,1 °С и превысила среднемноголетний показатель на 1,5 °С. Материалы экспедиции подтверждают этот вывод и позволяют предположить, что такое увеличение фоновой температуры, снижение ледовитости моря и более интенсивное поступление атлантических вод обусловили изменение в распределении промысловых гидробионтов на материковом склоне моря.

Гидробиологические исследования.

В море Лаптевых основные исследования проведены на материковом склоне в диапазоне глубин 360–1368 м (15 станций), четыре станции выполнены на шельфе на глубинах 64–145 м.

Сетной фитопланктон. Средняя величина биомассы фитопланктона на шельфе составляла 0,014 мг/м³, на свале глубин — 0,01 мг/м³. Цветения фитопланктона на исследованной акватории не отмечалось. Остаточное цветение в виде единичных клеток крупных диатомовых водорослей из рода *Coscinodiscus* наблюдалось только в восточной части моря, где средняя величина их биомассы не превышала 0,05 мг/м³ (рис. 7 а).

Зоопланктон. Средняя биомасса планктона в шельфовой зоне составляла 239,8 мг/м³ (рис. 7), на свале глубин — 374,2 мг/м³. По биомассе в уловах доминировали копеподы (52–56%) и хетогнаты (18–19%).

Основу зоопланктона в море Лаптевых, также как в Чукотском и Восточно-Сибирском морях [Орлов и др., 2019, 2020] составляли крупные организмы размером от 2 мм до 40 мм. Средняя величина их биомассы на шельфе составила 186,7 мг/м³, на свале — 338,0 мг/м³ или 78 и 90% от общей массы зоопланктона. Мелкий планктон (размер 0,2–1,2 мм) занимал в общей биомассе 22%, среднеразмерный (размер 1,2–2,0 мм) — всего 10%.

Мелкая фракция. Биомасса мелкозернового зоопланктона на исследованной акватории шельфа составляла 34,7 мг/м³, на скло-

не — 12,2 мг/м³. Повышенное содержание мелкого зоопланктона (>50 мг/м³) наблюдалось в южной мелководной части района исследования, а минимальные значения — в северной глубоководной части (рис. 7 б). Основу биомассы формировали копеподы *Pseudocalanus minutus*, *Oithona similis*, а также копеподиты калянусов.

Средняя фракция. Максимальные концентрации среднеразмерного планктона отмечались в центральной части района исследований (рис. 7 в). Биомасса изменялась от 18,4 мг/м³ в шельфовой зоне до 24,0 мг/м³ в районе свала глубин. На шельфе доминировали *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis*, *C. hyperboreus* и копеподиты калянусов. На материковом склоне основу планктона составляли *Metridia longa*.

Крупная фракция. Биомасса крупноразмерного зоопланктона на исследованной акватории шельфа составляла 186,7 мг/м³, на склоне — 338,0 мг/м³. Высокие концентрации крупного зоопланктона (>400 мг/м³) наблюдались в северной глубоководной части района исследований (рис. 7 г). Основу биомассы на шельфе формировали копеподы (39%), среди которых доминировал *C. glacialis* и гиперииды (36%), представленные в основном *Themisto libellula*. На свале глубин на долю копепод приходилось 52% биомассы, доминировали *M. longa* и в меньшей степени *C. glacialis* и *C. hyperboreus*, 17% при-

шло на долю эвфаузиид *Thysanoessa inermis* и *Th. longicaudana*. Массовая доля щетинкочелюстных *Sagitta elegans* на шельфе составляла 23%, на свале глубин — 22%. В пробах также встречались медузы, птероподы, остракоды и аппендикулярии.

Копеподы. Средняя величина биомассы копепод на шельфе составляла 73,5 мг/м³, в районе свала глубин — 175,0 мг/м³. Максимальные концентрации копепод (> 300 мг/м³) отмечены в центральной части материкового склона (рис. 8 а). Среди копепод на шельфе доминировали *C. glacialis*, на свале глубин — *M. longa*.

Эвфаузииды на исследованной акватории встречались только на склоне и были представлены двумя видами: *Th. longicaudana* и *Th. inermis* (рис. 8 б), средняя плотность их концентраций составляла 56,1 мг/м³.

Гиперииды были представлены четырьмя видами, более высокие концентрации отмечались в шельфовой зоне (рис. 8 в). Повсеместно преобладали представители рода *Themisto* (*T. libellula*, *T. abyssorum*), на мелководных участках шельфа эпизодически встречался *Hyperia galba*.

Хетогнаты были представлены двумя видами: *Sagitta elegans* и *Flaccisagitta maxima*, последний встречался только на нескольких станциях в районе свала глубин. Средняя величина биомассы щетинкочелюстных на акватории шельфа составляла 43,4 мг/м³, на

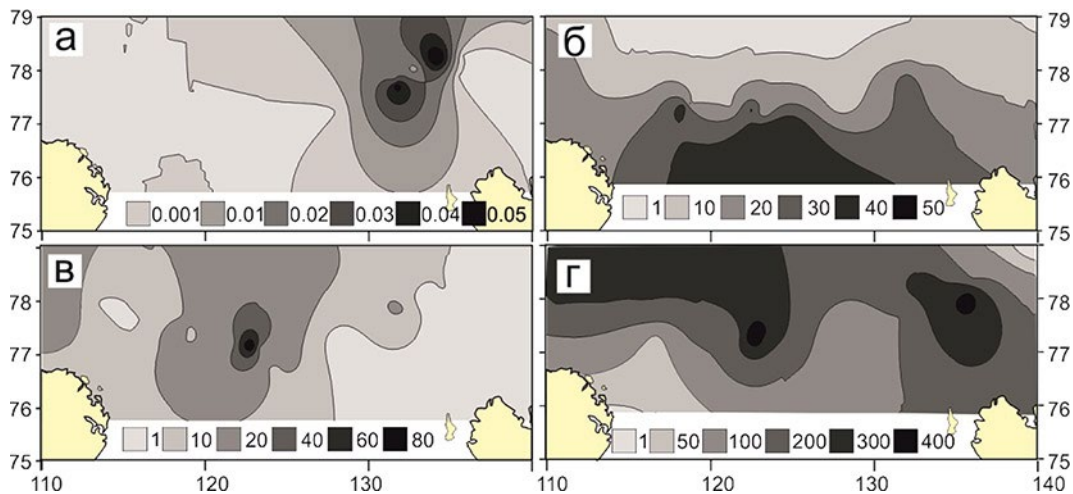


Рис. 7. Распределение сетевого планктона в море Лаптевых (мг/м³) в слое 200–0 (дно — 0 м): а — фитопланктон; б — мелкая фракция; в — средняя; г — крупная.

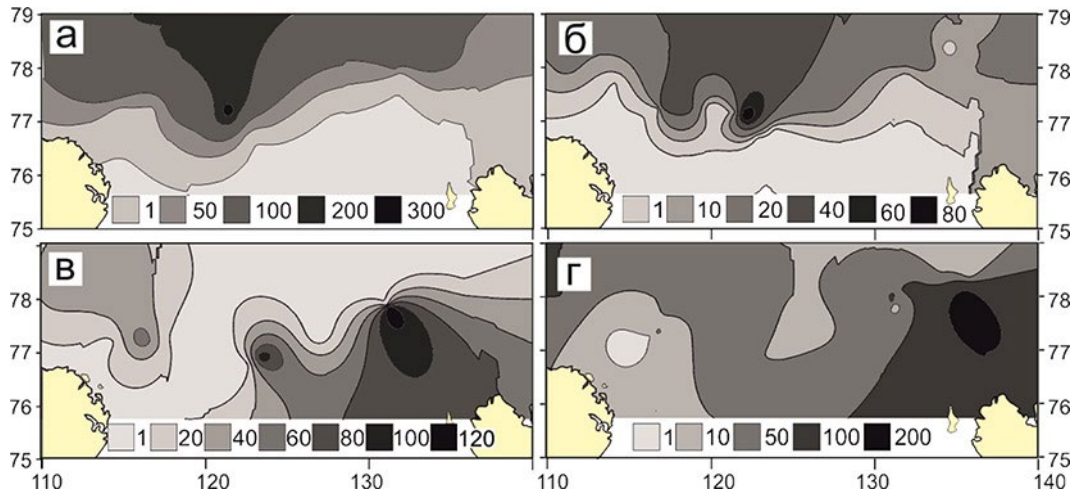


Рис. 8. Распределение доминирующих групп зоопланктона в море Лаптевых ($\text{мг}/\text{м}^3$) в слое 200–0 (дно — 0 м): а — копеподы; б — эвфаузииды; в — гиперииды; г — сагитты

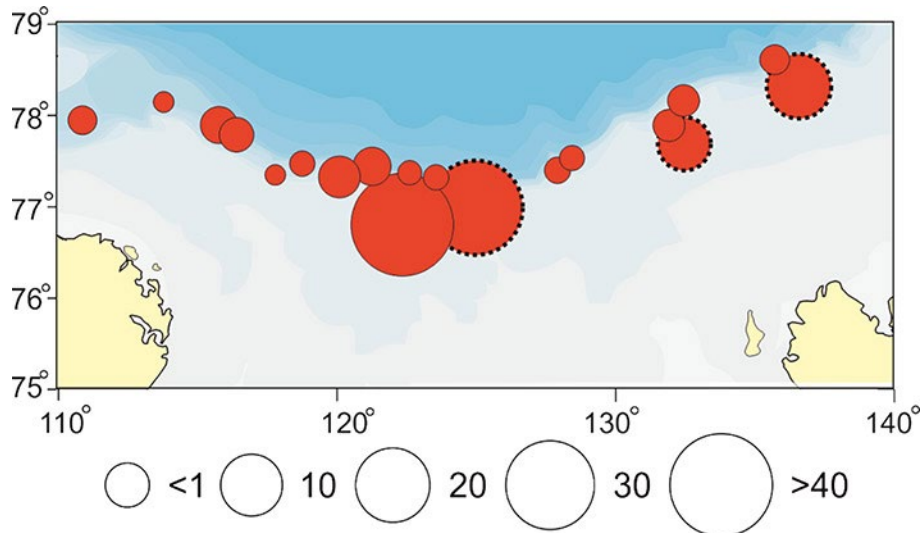


Рис. 9. Суммарная биомасса мегабентоса ($\text{кг}/\text{миля}$) в море Лаптевых (пунктиром выделены станции с глубиной менее 150 м)

свале глубин — $74,5 \text{ мг}/\text{м}^3$. Отмечено увеличение биомассы сагитт в восточной части исследованной акватории (рис. 8 г).

Траловый бентос. В ходе исследований проанализированы уловы 21 траления, большинство которых выполнены на глубинах 275–750 м и только три — на относительно мелководных участках на глубинах 110–150 м. Идентифицировано свыше 100 таксонов мегабентосных организмов.

Общая биомасса тралового бентоса изменялась от 0,8 до 40 $\text{кг}/\text{миля}$, при среднем значении 9,5 $\text{кг}/\text{миля}$ (рис. 9).

Доминирующей группой в уловах были иглокожие, главным образом, представите-

ли класса *Ophiuroidea*, биомасса которых изменялась от 0,8 до 41 $\text{кг}/\text{миля}$. Среди офиур доминировали виды сем. *Gorgonoccephalidae* (*Gorgonoccephalus arcticus* и *G. euscneti*, а также переходные формы между этими двумя видами) и крупная арктическая офиура *Ophiopleura borealis* (рис. 10). Кроме того, в уловах отмечены мелкие офиуры *Ohioscanta budentata* и *Ophiocten sericeum*, на двух станциях зарегистрирована мягкотелая офиура *Ophiscolex glacialis*. Из морских звёзд в уловах доминировали *Pontaster tenuispinus* (частота встречаемости 76%, средний улов 0,19 $\text{кг}/\text{миля}$) и *Urasterias lincki* (частота встречаемости 23%, средний улов 0,6 $\text{кг}/\text{миля}$).

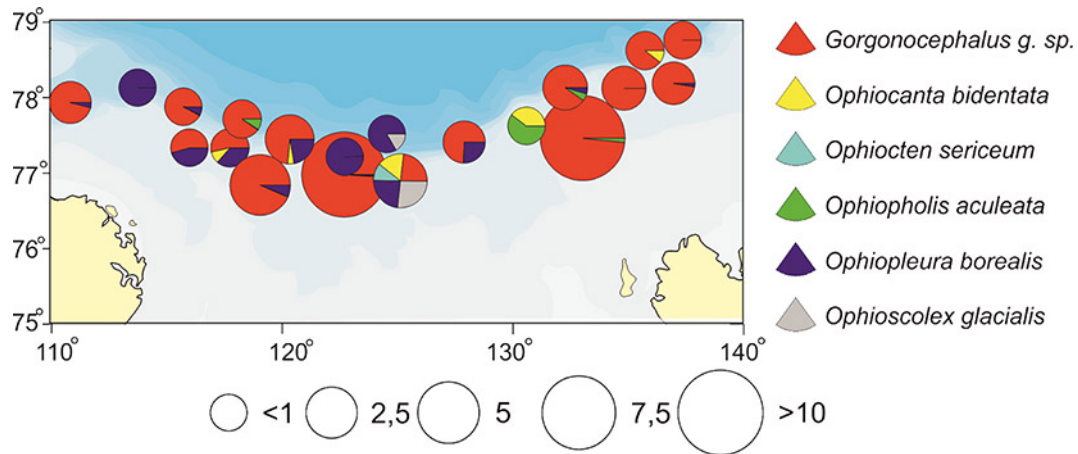


Рис. 10. Распределение различных видов офиур (кг/миля)

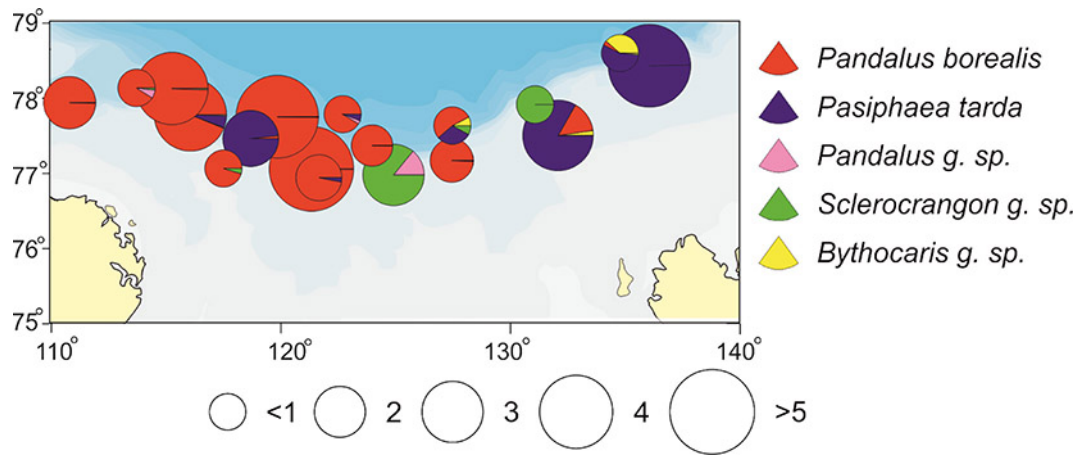


Рис. 11. Распределение различных видов креветок (кг/миля)

Второй доминирующей по биомассе группой на исследованной акватории были ракообразные, главным образом, креветки (12 видов). Уловы креветок изменялись от 0,012 до 29,9 кг/миля при среднем значении 3 кг/миля (рис. 11). На западе в уловах преобладала северная креветка *Pandalus borealis* (до 5 кг/миля), на востоке — глубоководная креветка *Pasiphaea tarda* (до 20 кг/миля). Кроме указанных двух потенциально промысловых видов креветок, в уловах отмечались также *Sabinea septemcarinata*, *Sclerocrangon ferox*, *Pandalus goniurus*, *Eualus suckleyi*, *Lebbeus polaris*, *Sergestes arcticus* и *Bythocaris* sp.

Достаточно высокий вклад в биомассу беспозвоночных вносили морские перья *Umbellula encrinus*, частота встречаемости которых, составляла 67%, а биомасса изме-

нялась от 0,125 до 7,2 кг/миля при среднем значении 2 кг/миля. Вследствие высоких уловов данных организмов, которые причислены к индикаторам уязвимых морских экосистем (УМЭ) [Jørgensen et al., 2016], район их высокой встречаемости в море Лаптевых, вероятно, следует рассматривать как УМЭ.

Ихтиологические исследования. Ихтиофауна моря Лаптевых характеризуется низким видовым разнообразием. На сегодня в её составе зарегистрирован 81 вид [Экологический атлас ..., 2017]. В период проведения наших исследований в уловах идентифицировано 25 видов рыб из 14 семейств (табл. 1), что близко к результатам исследований в августе 2015 г. (26 видов) [Глебов и др., 2016].

Таблица 1. Видовой состав рыб в уловах в море Лаптевых в августе 2015 г. [Глебов и др., 2016]), сентябре 2019 г. (наши данные) и в целом по морю по обобщённым данным [Экологический атлас ..., 2017], их размеры и встречаемость в сентябре 2019 г.

Вид	Число, экз.	Длина, см			Частота встречаемости, %
		Мин.	Макс.	Сред.	
Сем. Agonidae (2/1/2)					
<i>Leptagonus decagonus</i>	8	10,0	20,0	15,0	29
Сем. Anarhichadidae (0/1/1)					
<i>Anarhichas denticulatus</i>	1	41,0	41,0	41,0	5
Сем. Cottidae (6/2/10)					
<i>Triglops nybelini</i>	154	6,0	13,0	9,1	62
<i>Triglops pingelii</i>	2	10,0	11,0	10,5	5
Сем. Somniosidae (0/1/2)					
<i>Somniosus microcephalus</i>	1	210,0	210,0	210,0	5
Сем. Gadidae (2/3/4)					
<i>Arctogadus glacialis</i>	7	15,0	21,0	18,6	29
<i>Boreogadus saida</i>	2361	6,0	24,0	11,8	100
<i>Theragra chalcogramma</i>	5	32,0	35,0	33,2	14
Сем. Liparidae (2/5/9)					
<i>Careproctus micropus</i>	3	7,0	13,0	10,0	5
<i>Careproctus reinhardti</i>	4	7,0	16,0	11,0	14
<i>Liparis bathyartcticus</i>	1	16,0	16,0	16,0	5
<i>Liparis fabricii</i>	138	6,0	15,0	9,0	76
<i>Liparis laptevi</i>	2	15,0	26,0	20,5	10
Сем. Myctophidae (1/1/1)					
<i>Benthosema glaciale</i>	58	5,0	12,0	6,8	71
Сем. Osmeridae (1/1/2)					
<i>Mallotus villosus</i>	6	12,0	13,5	13,0	14
Сем. Pleuronectidae (1/1/3)					
<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>	526	4,0	59,0	37,0	76
Сем. Psychrolutidae (1/1/2)					
<i>Cottunculus microps</i>	9	8,0	22,0	14,2	29
Сем. Rajidae (1/1/1)					
<i>Amblyraja hyperborea</i>	16	17,0	84,0	46,3	33
Сем. Sebastidae (1/1/0)					
<i>Sebastes mentella</i>	1	13,0	13,0	13,0	5
Сем. Stichaeidae (2/1/2)					
<i>Leptoclinus maculatus</i>	1	11,0	11,0	11,0	5
Сем. Zoarcidae (5/5/16)					
<i>Lycodes adolfi</i>	7	13,0	18,0	15,1	10
<i>Lycodes eudipleurostictus</i>	13	6,0	37,0	23,9	29
<i>Lycodes reticulatus</i>	1	11,0	11,0	11,0	5
<i>Lycodes sagittarius</i>	1	21,0	21,0	21,0	5
<i>Lycodes seminudus</i>	6	10,0	36,0	21,7	19

Примечание: в скобках через черту после названия семейства указано число видов, отмеченных на акватории моря в 2015 г., 2019 г. и в целом по морю [Экологический атлас..., 2017].

На всей акватории исследований наибольшее таксономическое разнообразие отмечено для семейств бельдюговые Zoarcidae — 5 видов, липаровые Liparidae — 5 видов и тресковые Gadidae — 3 вида. Семейство рогатковых Cottidae было представлено в уловах двумя видами, остальные семейства — по одному виду. Бесспорным лидером как по встречаемости, так и по численности была сайка *B. saida*, которая присутствовала в каждом улове в количестве от нескольких особей до нескольких тысяч экземпляров (максимально — 13571 экз.). Также видами с высокой встречаемостью были чёрный палтус *R. hippoglossoides* (76%), чернобрюхий липарис *Liparis fabricii* (76%), бентозема *B. glaciale* (71%) и полярный тригловс *T. nybelini* (62%). Довольно часто в уло-

вах отмечены несколько видов ликодов (*Lycodes* spp.) и северный скат *A. hyperborea*. Необходимо отметить, что в 2019 г. в море Лаптевых были пойманы 7 экз. ледовой трески *Arctogadus glacialis* длиной 15–21 см, 5 экз. минтая *T. chalcogramma* длиной 32–35 см и по одному экземпляру неполовозрелой молоди синей зубатки *Anarhichas denticulatus* длиной 41 см и окуня-клювача *Sebastes mentella* длиной 13 см. Минтай и синяя зубатка на акватории моря Лаптевых зарегистрированы впервые. Представители семейства Sebastidae были отмечены в уловах в 2015 г. [Глебов и др., 2016], но до вида идентифицированы не были.

По биомассе и численности в уловах преобладала сайка, которая встречалась на всей акватории исследований (рис. 12) с макси-

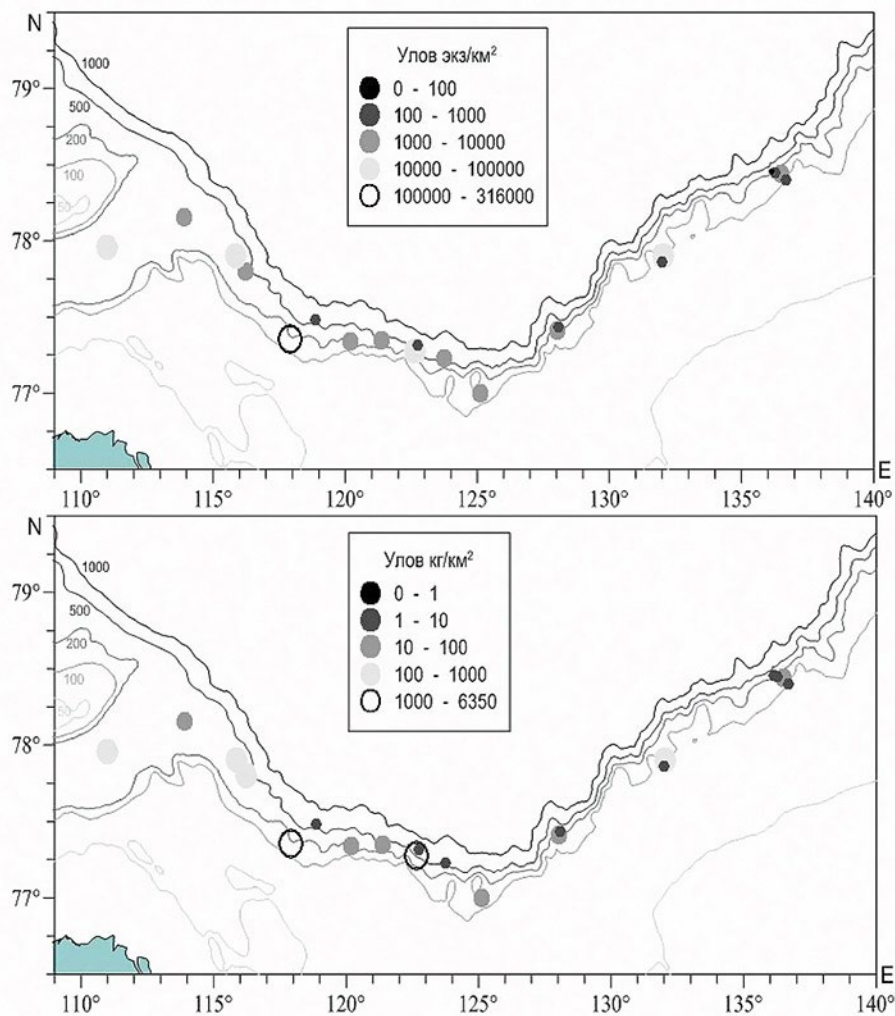


Рис. 12. Распределение уловов сайки по численности (вверху) и биомассе (внизу)

мальными концентрациями в западной части обследованного района. Облавливались особи длиной от 6 до 24 см при средней длине 11,8 см и средней массе 18,4 г. Преобладали в уловах особи длиной 8,0–14,5 см. Сайка со сходными размерами отмечалась и в период исследований в 2015 г. [Глебов и др., 2016]. Основу уловов составляли неполовозрелые рыбы (около 72%), доля созревающих особей (стадия зрелости III) не превышала 25%, а остальные были отнерестившимися и имели гонады на стадии посленерестового восстановления (VI–II). Интенсивность питания была невысокой (СБНЖ=0,9). Основными кормовыми объектами были гиперииды (76%) и эвфаузииды (18%). Доля гипериид в питании была выше у крупно-размерной сайки, которая в основном дер-

жалась в придонном слое с более низкой температурой воды, в то время как у молоди в рационе преобладали эвфаузииды и copeподы.

Чёрный палтус был зарегистрирован вдоль всего материкового склона в диапазоне глубин 27–750 м в количестве от 2 до 117 экз. за траление с максимальными уловами в центральной и западной части обследованной акватории (рис. 13). Длина особей колебалась от 4 до 59 см при средних длине 37,0 см и массе 547,9 г. В 2015 г. в уловах ранняя молодь палтуса отсутствовала [Глебов и др., 2016], но, в целом, облавливалась рыба аналогичных размеров. Соотношение самцов и самок в уловах было близким к 1:1. При этом размерные характеристики представителей разных полов оказались схожи-

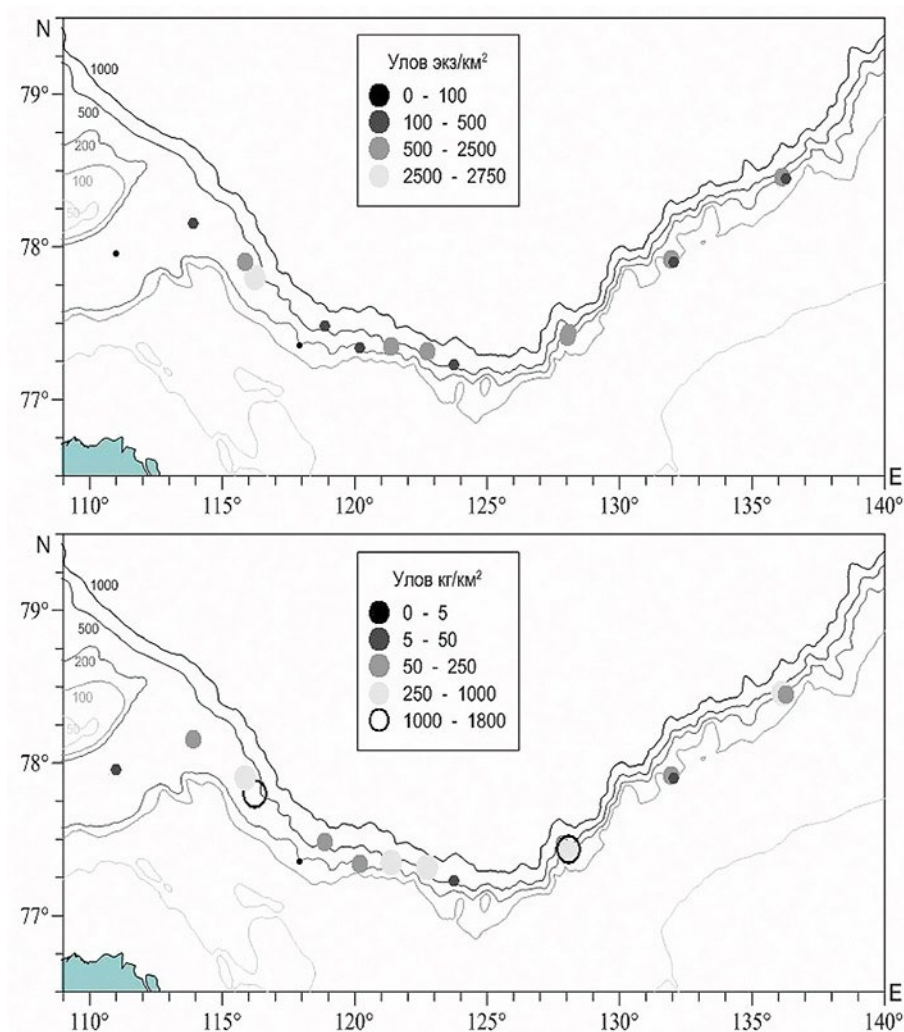


Рис. 13. Распределение уловов чёрного палтуса по численности (вверху) и биомассе (внизу)

ми. Все выловленные особи были неполовозрелыми. Интенсивность питания палтуса была невысокой (СБНЖ=0,9). Основу рациона составляли сайка (около 72%) и креветки (24%), самые мелкие особи питались эвфаузидами и гипериидами.

Трофологические исследования. Исследовано питание 7 видов рыб (2 пелагических и 5 донных), в общей сложности проанализировано 538 желудков.

Сайка *B. saida*. Состав пищи сайки отличался большим разнообразием и включал 11 таксономических групп планктонных, бентосных и нектонных организмов. Питание сайки различных размерных групп было не одинаковым. У молоди доминировали копеподы, по мере увеличения длины сайки её пищевой спектр дополнялся крупными пелагическими ракообразными и рыбной составляющей. Основу пищи рыб длиной до 20 см составлял планктон, среди которого преобладали копеподы и гиперииды. У крупных особей отмечался высокий уровень каннибализма. Собственная молодь в питании среднеразмерных рыб (15–20 см) составляла 15% от массы пищевого комка. По мере роста сайки значение собственной молодки в её пище ещё больше возрастало, достигая 32% по массе у рыб длиной свыше 20 см. Интенсивность питания мелкой и среднеразмерной сайки была умеренной (107–149‰), у крупных особей длиной бо-

лее 20 см — низкой (58‰). Максимальные индексы наполнения желудков отмечались в восточных и западных областях в местах высоких концентраций планктона, где основу пищи сайки составляли гиперииды и копеподы (рис. 14).

Мойва *M. villosus*. Интенсивность питания мойвы длиной 10–15 см была средней, индекс наполнения желудков находился на уровне 109‰. В питании доминировали эвфаузида *Th. longicaudana* и *Th. inermis* (суммарно 96% по массе), второстепенными объектами являлись сагитты и гиперииды.

Чёрный палтус *R. hippoglossoides*. Основу пищи разноразмерного (от 20 до 60 см) палтуса составляли рыбы, среди которых заметно преобладала сайка, массовая доля которой варьировала от 85 до 99,9%. Среди прочих объектов питания выделялись креветки, доля которых изменялась от 4,8 до 11%. Доля гипериид, гаммарид и мизид, которых можно отнести к случайной пище, составляла менее 1%. Интенсивность питания молоди была высокой (227‰), среднеразмерных рыб — умеренной (137‰), а крупных особей — низкой (54–85‰). На востоке исследованной акватории в пище палтуса преобладала сайка, креветки в его рационе отмечались в центральных районах, а на западе — липарисы и триглопсы (рис. 15).

Триглопс полярный *Triglops nybelini*. Интенсивность питания молоди (<10 см) была высокой (283‰), у более крупных рыб —

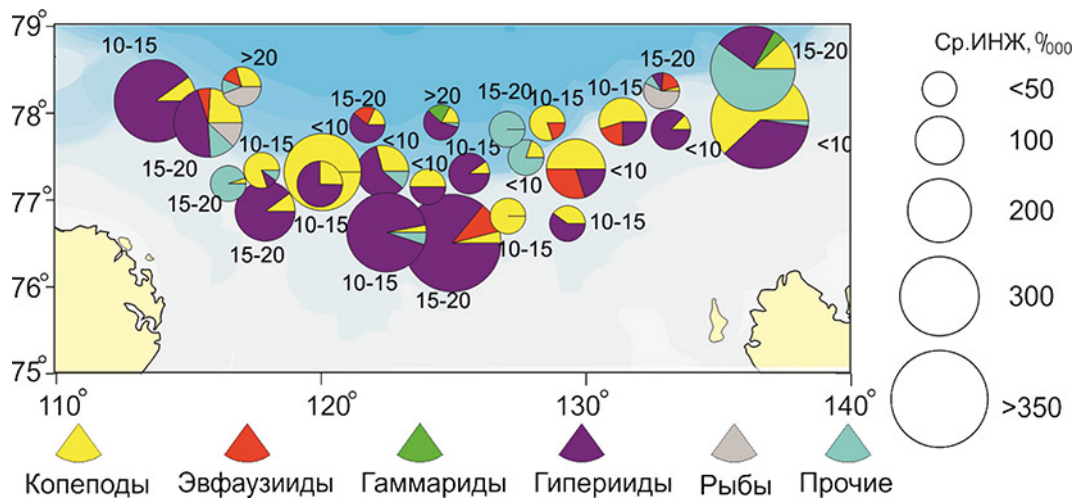


Рис. 14. Состав пищи разноразмерной сайки (диаметр кругов соответствует среднему индексу наполнения желудка)

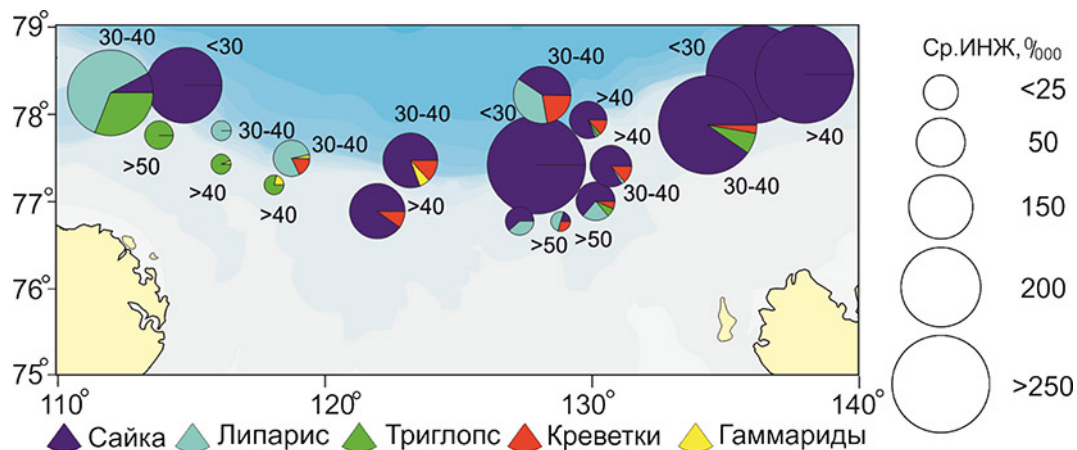


Рис. 15. Состав пищи разноразмерного чёрного палтуса (диаметр кругов соответствует среднему индексу наполнения желудков)

относительно низкой (88‰). Основу пищи составляли гиперииды (87–90%), второстепенными объектами питания были копеподы, эвфаузииды, сагитты, ойкоплевры и остракоды. Из бентосных беспозвоночных в пище отмечены креветки, гаммариды и кузовые раки.

Триглопс остроносый *T. pingelii*. Отмечена высокая интенсивность питания (507‰). Основу рациона составляли креветки и гаммариды 60% и 39% по массе, соответственно.

Липарис чернобрюхий *L. fabricii*. Интенсивность питания молоди (<10 см) была высокой (484‰), у среднеразмерных и крупных особей значительно ниже — 96‰ и 68‰, соответственно. Разноразмерные особи питались в основном гипериидами, доля которых варьировала от 60% до 95%. Молодь, кроме того, потребляла гаммарид (21%), копепод (8%) и хетогнат (6%).

Бентозема *B. glaciale*. Отмечена высокая интенсивность питания (296‰), основу рациона составляли гиперииды (81%) и, в меньшей степени, копеподы (17%), второстепенными объектами питания были медузы (2%).

Акустические исследования. Идентификация эхозаписей осуществлялась в диапазоне глубин от 50 до 700 м. По причине отсутствия пелагических тралений разделение процентного соотношения акустических значений в слоях проводилось на основании данных о температуре, результатов план-

ктонных ловов и показаний гидроакустической аппаратуры. Из акустически видимых промысловых объектов можно выделить только сайку. Единично в уловах встречались мойва, окунь-клювач и минтай.

В отличие от предыдущих исследований, для данной акватории впервые построена карта распределения плотности сайки по маршруту судна, а также представлены описания пространственного распределения скоплений по гидроакустическим данным.

Акустические записи сайки наблюдались в узкой полосе на внешнем шельфе и в верхней части материкового склона в диапазоне от 150 до 500 м. Основные скопления фиксировались на грунте на глубинах 200–400 м. При увеличении глубины моря скопления регистрировались в пелагиали в том же диапазоне вместе со звукорассеивающим слоем (ЗРС), состоящем преимущественно из планктона. Плотность s_A варьировала от 150 до 400 м²/миль² на 5 миль. Увеличение частоты встречаемости и плотности скоплений наблюдалось при продвижении судна в юго-западном направлении (рис. 16).

Наиболее плотные скопления сайки отмечены в восточной части района исследований (77°53' с. ш., 132°02' в. д.) на глубинах до 280 м в 200 м от грунта, где значение s_A достигало 18 200 м²/миль² на 1 милю (рис. 17).

При пересчёте в акустические единицы $s_{Aтр}$ по значениям средней длины рыб в уловах (10,7–13,4 см) процентное соотношение сеголеток ко взрослым особям составляло

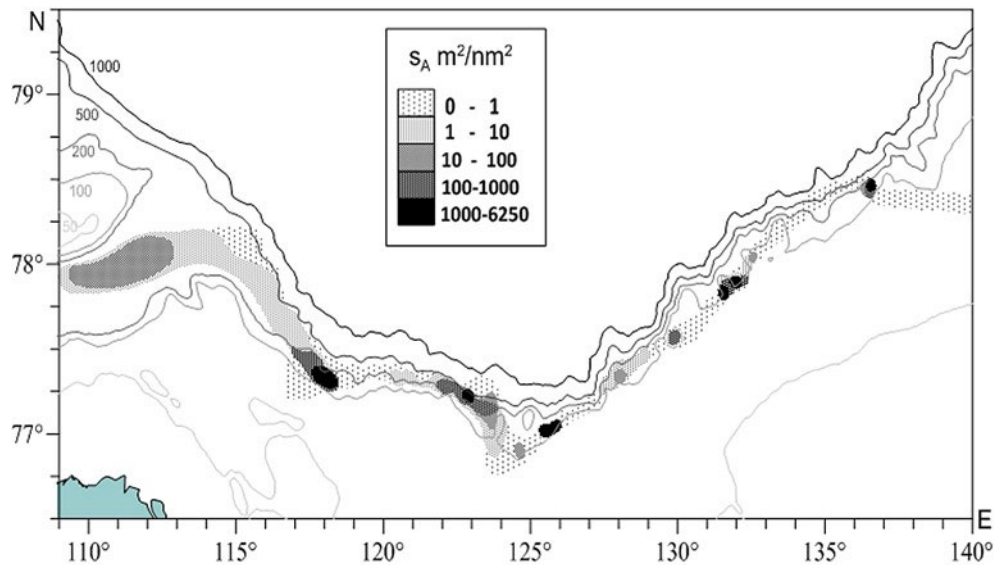


Рис. 16. Распределение сайки по акустическим данным

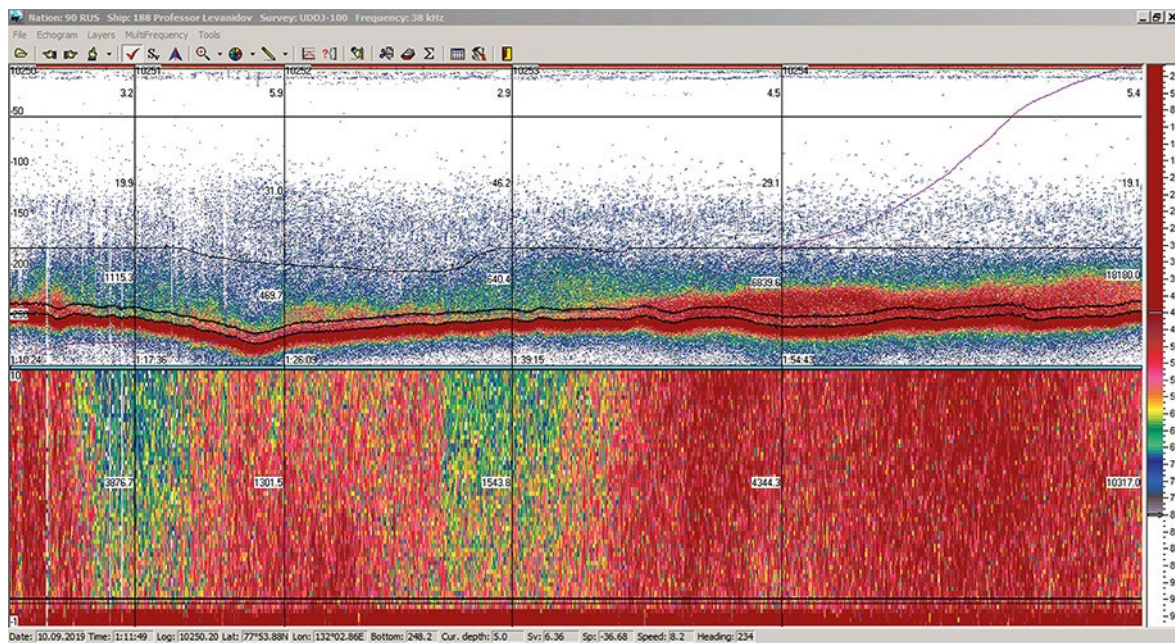


Рис. 17. Плотные скопления сайки в южной части акватории исследований

от 5 до 65%. Максимальное количество молоди отмечалось в южной и юго-западной частях акватории исследований.

Генетические исследования проводили по трём различным направлениям: сборы образцов тканей для популяционно-генетического анализа, проведение исследований на ДНК-штрихкодирование и анализ воды на определение присутствия различных организмов в воде молекулярными методами.

Цели генетических исследований — методика отбора проб и их хранения, а также ожидаемые результаты изложены в нашей предшествующей работе [Орлов и др., 2019 б]. В течение периода исследований в море Лаптевых для популяционно-генетического анализа собраны образцы тканей общим количеством 508 от 11 видов: *R. hippoglossoides* (n=163), *B. saida* (n=175), *A. heperborea* (n=13), *T. chalcogramma* (n=5), *Somniosus macrocephalus* (n=1), *Triglops nybelini* (n=30),

Lyparis fabricii (n=30), *Gorgonocephalus* sp. (n=50), *Boreonymphon abyssorum* (n=12), *Saduria sabini* (n=4), *Actiniaria* sp. (n=25). Для ДНК-штрихкодирования отобраны образцы тканей общим количеством 27 от 13 видов: *R. hippoglossoides* (n=3), *B. saida* (n=2), *A. heperborea* (n=2), *T. chalcogramma* (n=3), *Liparis laptevi* (n=3), *L. fabricii* (n=3), *L. bathyarticus* (n=1), *Anarhichas denticulatus* (n=1), *T. pingelii* (n=3), *Cottuncullus microps* (n=2), *Arctogadus glacialis* (n=1), *Careproctus micropus* (n=1), *C. reinhardti* (n=2). Для анализа воды на определение присутствия различных организмов в воде молекулярными методами (eDNA или акваДНК) отобрано 58 образцов с 10 станций (см. рис. 1).

Отбор проб на содержание микропластика выполнен только на 1 станции по маршруту следования судна (см. рис. 1) по причине неблагоприятных условий для постановки нейстонной сети. Методика отбора проб и их обработки описаны в нашей предыдущей работе [Орлов и др., 2020]. Проведённые исследования показали отсутствие микропластика на поверхности в обследованной части акватории.

Благодарности

Авторы признательны своим коллегам С.В. Гафицкому, С.Н. Субботину, А.С. Хлебородову (Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО), г. Владивосток), М.Ю. Таптыгину, Ю.Л. Фирсову (Полярный филиал ВНИРО (ПИНРО им. Н.М. Книповича), г. Мурманск) и В.Г. Чикилеву (Отдел научных исследований биоресурсов внутренних водоёмов и вод, прилегающих к Чукотскому АО Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (ЧукотНИО), г. Анадырь) за помощь в сборе первичных данных.

ЛИТЕРАТУРА

- ААНИИ. 2019. Обзор гидрометеорологических процессов в Северном Ледовитом океане. III квартал 2019 г. СПб.: Изд-во ААНИИ, 78 с.
- Глебов И.И., Надточий В.А., Савин А.Б., Слабинский А.М., Борилко О.Ю., Чульчиков Д.Н., Соколов А.С. 2016. Результаты комплексных биологических исследований в море Лаптевых в августе-сентябре 2015 г. // Известия ТИНРО. Т. 187. С. 72-88.
- Добровольский А.Д., Залогин Б.С. 1982. Моря СССР. М.: Изд-во МГУ, 192 с.
- Орлов А.М., Бензик А.Н., Ведищева Е.В., Гафицкий С.В., Горбатенко К.М., Горянина С.В., Зубаревич В.Л., Кодрян К.В., Носов М.А., Орлова С.Ю., Педченко А.П., Рыбаков М.О., Соколов А.М., Соменов А.А., Субботин С.Н., Таптыгин М.Ю., Фирсов Ю.Л., Хлебородов А.С., Чикилев В.Г. 2019. Рыбохозяйственные исследования в Чукотском море на НИС «Профессор Леванидов» в августе 2019 г.: некоторые предварительные результаты // Труды ВНИРО. Т. 178. С. 206–220. DOI: 10.36038/2307–3497–2019–178–206–220.
- Орлов А.М., Бензик А.Н., Ведищева Е.В., Горбатенко К.М., Горянина С.В., Зубаревич В.Л., Кодрян К.В., Носов М.А., Орлова С.Ю., Педченко А.П., Рыбаков М.О., Соколов А.М. 2020. Предварительные результаты рыбохозяйственных исследований в Восточно-Сибирском море на НИС «Профессор Леванидов» в сентябре 2019 г. // Труды ВНИРО. Т. 179. С. 187-205.
- Экологический атлас. Море Лаптевых. 2017. М.: ООО «Арктический научный центр», 303 с.
- Jørgensen L.L., Planque B., Thangstad T.H., Certain G. 2016. Vulnerability of megabenthic species to trawling in the Barents Sea // ICES Journal of Marine Science. Vol. 73. Suppl. 1. P. i84–i97. DOI: 10.1093/icesjms/fsv107.

Поступила в редакцию 24.05.2020 г.

Information
VNIRO Expeditions

**Preliminary results of fisheries research in the Laptev
Sea at RV «Professor Levanidov» in September 2019**

*A.M. Orlov^{1,2}, A.N. Benzik³, E.V. Vedishcheva¹, K.M. Gorbatenko⁴, S.V. Goryanina¹,
V.L. Zubarevich¹, K.V. Kodryan¹, M.A. Nosov³, S. Yu. Orlova¹, A.P. Pedchenko^{1,5}, M.O. Rybakov³,
A.M. Sokolov³*

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow, Russia

² Caspian Institute of Biological Resources, DSC RAS (FSBIS «CIBR DSC RAS»), Makhachkala, Russia; Tomsk State University (FSBEI HE «TSU»), Tomsk, Russia; Dagestan State University (FSBEI HE «DTU»), Makhachkala, Russia; A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS (FSBIS «IPEE RAS»), Moscow

³ Polar branch of FSBSI «VNIRO» («PINRO»), Murmansk, Russia

⁴ Pacific branch of FSBSI «VNIRO» («TINRO»), Vladivostok, Russia

⁵ Russian State Hydrometeorological University (FSBEI HE «RSHU»), St. Petersburg, Russia

In September 2019, the R/V “Professor Levanidov” carried out comprehensive studies in the Laptev Sea from 140 ° to 110 ° E at depth range of 60–950 m. High positive anomalies of air and surface water temperatures were noted up to + 2 + 3 °C and +1.5 °C respectively with an abnormally low sea ice cover. Cold Arctic and desalinated waters of the river flow dominated in the upper 200 m layer. Atlantic waters were traced in the layer from 180–300 m to the bottom, and their core — at a maximum temperature of + 1.6 + 1.92 °C at 240–280 m. By the time of the survey, the active vegetation of phytoplankton had finished. Oxygen saturation in the almost the entire surface layer was below 100%. Primary production was limited by mineral nitrogen concentration. Low concentrations of phosphates, nitrates and silicates in the intermediate waters indicated the penetration of Atlantic waters. The average biomass of plankton on the shelf was 239,8 mg/m³, on the slope — 374,2 mg/m³. Copepods and chaetognaths with considerable contribution of hyperiids and euphausiids dominated in plankton by weight. The bulk of zooplankton was large organisms, while small and medium fractions were 22 and 10%. Brittle star, starfish, and shrimp dominated in trawl benthos. 25 demersal fish species of 14 families were found in bottom trawl catches. Zoarcidae, Liparidae and Gadidae were the most diverse. Polar cod was recorded along the entire route with highest concentrations in Atlantic waters at depths of 217–460 m. Copepods dominated in the diet of Polar cod juveniles, while that of adults was supplemented by large pelagic crustaceans and fish with high level of cannibalism. Greenland halibut was found along the entire continental slope at 270–750 m while the largest catches were in its central and western parts. The increase of halibut number and occurrence was due to the wide distribution of Atlantic waters on the slope. The main component of its diet was Polar cod.

Keywords: Laptev Sea, integrated study, hydrology, hydrochemistry, zooplankton, benthos, ichthyofauna, trophology, acoustic data, microplastics, genetic research, aquaDNA.

DOI: 10.36038/2307-3497-2020-179-206-225

REFERENCES

- AANII. 2019. Obzor gidrometeorologicheskikh processov v Severnom Ledovitom okeane. III kvartal 2019 g. [Overview of hydrometeorological processes in the Arctic Ocean. III quarter of 2019]. SPb.: Izd-vo AANII, 78 s.
- Glebov I.I., Nadtochij V.A., Savin A.B., Slabinskij A.M., Borilko O. Yu., Chul'chekov D.N., Sokolov A.S. 2016. Rezul'taty kompleksny'x issledovanij v Vostochno-Sibirskom more v avguste 2015 g. [Results of complex research in the East Siberian Sea in August 2015] // Izvestiya TINRO. T. 186. S. 81–92.
- Dobrovolskij A.D., Zalogin B.S. 1982. Morya SSSR. [Seas of the USSR]. M.: Izd-vo MGU, 192 s.
- Orlov A. M., Benzik A. N., Vedishcheva E. V., Gafitskij S. V., Gorbatenko K. M., Goryanina S. V., Zubarevich V. L., Kodryan K. V., Nosov M. A., Orlova S. Yu., Pedchenko A. P., Rybakov M. O., Sokolov A. M., Somov A. A., Subbotin S. N., Tapygin M. Yu., Firsov Yu. L., Khleborodov A. S., Chikilev V. G. 2019 a. Rybokhozyajstvennye issledovaniya v Chukotskom more na NIS «Professor Levanidov» v avguste 2019 g.: nekotorye predvaritel'nye rezul'taty [Fisheries research in the Chukchi Sea at the RV «Professor Levanidov» in August 2019: some preliminary results] // Trudy VNIRO. T. 178. S. 206–220. DOI: 10.36038/2307-3497-2019-178-206-220.
- Orlov A. M., Benzik A. N., Vedishcheva E. V., Gorbatenko K. M., Goryanina S. V., Zubarevich V. L., Kodryan K. V., Nosov M. A., Orlova S. Yu., Pedchenko A. P., Rybakov M. O., Sokolov A. M. 2019 b. Predvaritel'nye rezul'taty rybokhozyajstvennykh issledovanij v Vostochno-Sibirskom more na NIS «Professor Levanidov» v sentyabre 2019 g. [Preliminary results of fisheries research in the East Siberian Sea at RV «Professor Levanidov» in September 2019] // Trudy VNIRO. T. 179. S. 000–000.
- Ekologicheskij atlas. More Laptevykh [Environmental Atlas. Laptev Sea]. 2017. M.: OOO «Arkticheskij Nauchnyj Centr», 303 s.
- Jørgensen L. L., Planque B., Thangstad T. H., Certain G. 2016. Vulnerability of megabenthic species to trawling in the Barents Sea // ICES J. of Marine Science. Vol. 73. Suppl. 1. P. i84–i97. DOI: 10.1093/icesjms/fsv107.

FIGURE CAPTIONS

- Fig. 1.** The route of the RV «Professor Levanidov» and the position of trawl and oceanological stations and sampling sites for microplastics and aquaDNA in the Laptev Sea in September 2019 (bold lines show oceanological transects: A-A1, B-B1 and C-C1 in the western, central and eastern parts of the sea).
- Fig. 2.** Dynamics of atmospheric pressure (hPa) and air temperature °C (a), direction and speed of prevailing winds (б) and wind speed repeatability % (в) according to ship observations.
- Fig. 3.** Temperature distribution, °C (A) and salinity, ‰ (B), silicon, µm (B), water saturation with oxygen, % (Г), phosphates, µm (Д) and nitrate, µm (E) at transect A-A1 in the western part of sea
- Fig. 4.** Temperature distribution, °C (A) and salinity, ‰ (B), silicon, µm (B), water saturation with oxygen, % (Г), phosphates, µm (Д) and nitrate, µm (E) at transect B-B1 in the southern part of the sea
- Fig. 5.** Temperature distribution, °C (A) and salinity, ‰ (B), silicon, µm (B), water saturation with oxygen, % (Г), phosphates, µm (Д) and nitrate, µm (E) at transect C-C1 in the eastern part of the sea
- Fig. 6.** Features of the vertical distribution of temperature, nitrate nitrogen (µm) dissolved silicon (µm) dissolved inorganic phosphorus (µm) and dissolved oxygen saturation (%) in the eastern part of the continental slope of the sea (78°22'N, 134°40'E).
- Fig. 7.** Distribution of net plankton in the Laptev Sea (mg/m³) in 200–0 (bottom — 0 m) layer: a — phytoplankton, б — small, в — medium, г — large fraction.
- Fig. 8.** Distribution of dominant zooplankton groups in the Laptev Sea (mg/m³) in the 200–0 (bottom — 0 m) layer: a — copepods, б — euphausiids, в — hyperiids, г — chaetognaths.
- Fig. 9.** Total megabenthos biomass (kg/mile) (dotted lines indicate stations shallower 150 m).
- Fig. 10.** Distribution of different species of brittle stars (kg/mile).
- Fig. 11.** Distribution of different species of shrimp (kg/mile).
- Fig. 12.** Distribution of Polar cod catches by number (top) and biomass (bottom).
- Fig. 13.** Distribution of Greenland halibut catches by number (top) and biomass (bottom).
- Fig. 14.** Diet composition of Polar cod of different sizes (the diameter of the circles corresponds to the average stomach fullness index).
- Fig. 15.** Diet composition of Greenland halibut of different sizes (the diameter of the circles corresponds to the average stomach fullness index).
- Fig. 16.** Distribution of Polar cod based on acoustic data.
- Fig. 17.** Dense Polar cod aggregations in the southern part of the study area.

TABLE CAPTIONS

Table 1. Species composition of fish in catches in the Laptev Sea in August 2015 [Glebov et al., 2016], September 2019 (our data) and in general for the entire sea according to the generalized data [Ekologicheskij atlas ..., 2017], their size and occurrence.