

Информация.
Экспедиции ВНИРО

УДК 574.52(268.55)

Предварительные результаты рыбохозяйственных исследований в Восточно-Сибирском море 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

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

Приведены результаты комплексных исследований, выполненных в Восточно-Сибирском море на НИС «Профессор Леванидов» в сентябре 2019 г. Отмечено формирование положительных аномалий температуры воздуха над акваторией моря, расширение зоны влияния речного стока в центральной и юго-восточной части шельфа и аномальное снижение ледовитости моря. Арктические водные массы и воды Восточно-Сибирского моря доминировали на шельфе. На глубинах более 180 м хорошо прослеживались воды атлантического происхождения по солёности более 34,5‰, положительной температуре и содержанию кремния менее <10 мкМ. Процессы фотосинтеза лимитировались азотом, концентрации которого в фотическом слое снижались до аналитического нуля. На большей части моря наблюдалась летняя фаза развития фито- и зоопланктона. Основной вклад в биомассу мезопланктона вносили копеподы и щетинкочелюстные. Биомасса планктона на внутреннем шельфе была в два раза выше, чем на внешнем. Средняя биомасса бентоса в траловых уловах составляла 15 кг/милю, из которых до 74% приходилось на иглокожих и 9% на ракообразных. В траловых уловах встречено 17 донных и придонных видов рыб из 6 семейств. Доминирующим видом была сайка, которая встречалась в небольших количествах практически повсеместно на глубинах от 33 до 250 м при придонных температурах от –1,7 до +0,47 °С, держалась разреженно, не формируя плотных скоплений. Максимальные концентрации отмечены в юго-восточной части исследуемой акватории. Отмечена высокая интенсивность питания рыб. В пище сайки и липаровых доминировали гипериды, гаммариды и копеподы. В пище мойвы преобладали копеподы. Полихеты и гаммариды составляли основу питания рогатковых. Микропластик обнаружен в небольшом количестве только на двух из семи станций — на юго-востоке и в центральной части моря. Собраны образцы тканей для популяционно-генетического анализа, исследований на ДНК-штрихкодирование и анализа воды на акваДНК.

Ключевые слова: Восточно-Сибирское море, гидробионты, ихтиофауна, акустические данные, микропластик, генетические исследования.

DOI: 10.36038/2307-3497-2020-179-187-205

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 Восточно-Сибирского моря осуществлены рыбохозяйственные исследования. Работы проводили в период с 4 по 8 сентября 2019 г. на акватории, ограниченной координатами 73°21'–78°16' с. ш. и 140°47'–167°41' в. д. в пределах российской исключительной экономической зоны (рис. 1). Исследована акватория общей площадью

18728,0 миль² (64235,5 км²), пройдено 860 миль (1592 км). Методика проведения исследований описана в нашей предыдущей работе [Орлов и др., 2019]. Всего в течение рассматриваемого периода выполнено 25 океанологических и 23 гидробиологических станции, 20 донных тралений, отбор 7 проб на микропластик и 36 проб на акваДНК.

Метеорологические наблюдения и океанологические исследования. На гидрологический режим арктических морей значительное влияние оказывают водообмен с соседними бассейнами, речной сток, распределение и площадь ледяного покрова. В значительной мере они определяются атмосферными процессами, доминирующими

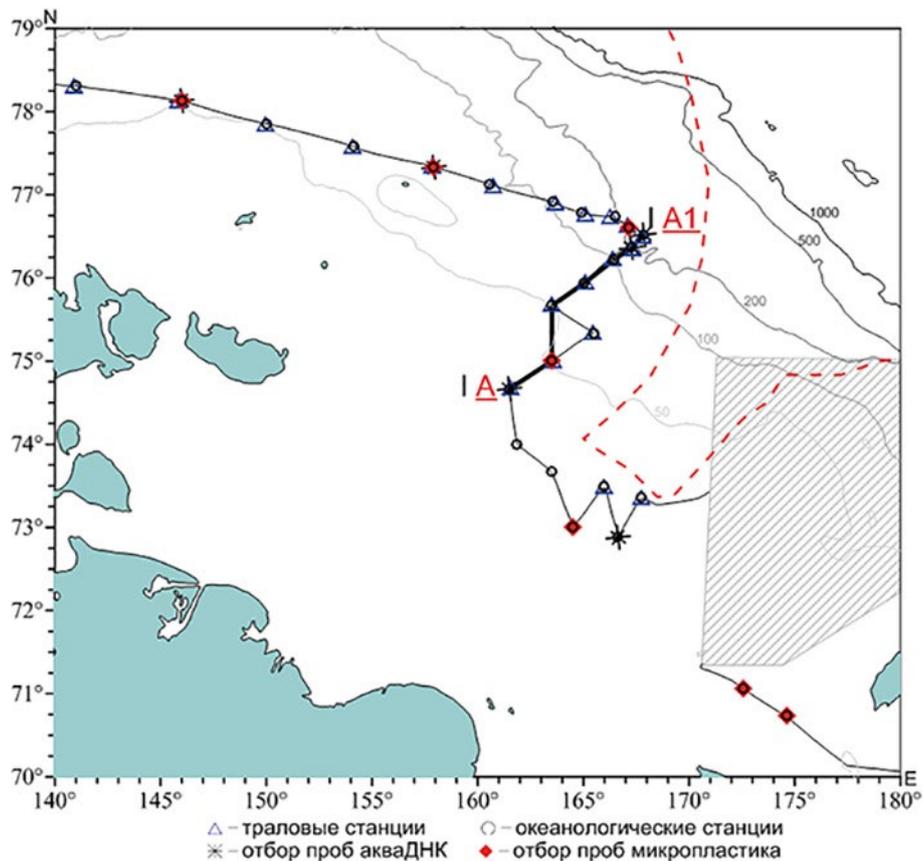


Рис. 1. Маршрут НИС «Профессор Леванидов» и положение траловых и океанологических станций и мест отбора проб на микропластик и акваДНК в Восточно-Сибирском море в сентябре 2019 г.

Пунктирной линией показаны границы исключительной экономической зоны России, штриховкой — Северо-Врангелевского лицензионного участка, жирной линией — океанографический разрез А-А1 на переходе от шельфа к материковому склону

над восточной частью арктического региона в летне-осенний период [Никифоров, Шпайхер, 1980].

Мониторинг ледовой обстановки показал, что акватория моря освободилась ото льда в 3 декаде августа 2019 г., т. е. за несколько дней до выполнения комплексных исследований [Карты ледовой обстановки, 2019]. Эти факторы определили характер стратификации вод, распределения темпера-

туры, солёности, гидрохимических параметров и развития биологических процессов. В августе-сентябре аномалии температуры воздуха над арктическими морями составляли 2–4 °С, чему способствовала активная антициклоническая деятельность, в результате которой над Чукотским и Восточно-Сибирским морями положительные аномалии среднего атмосферного давления в эти месяцы составляли 2–6 гПа (рис. 2).

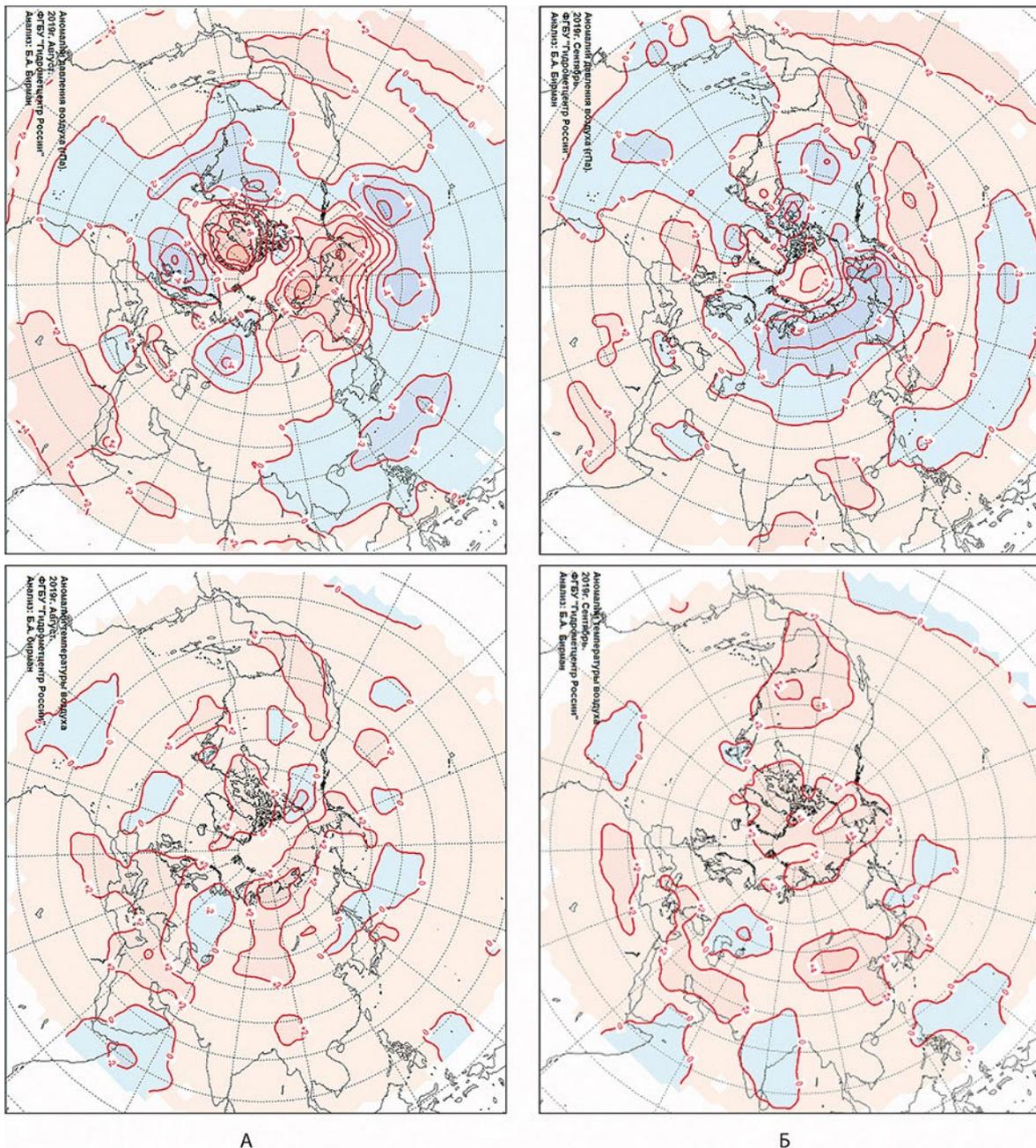


Рис. 2. Среднемесячное распределение аномалий приземного атмосферного давления, гПа (вверху) и температуры воздуха, °С (внизу) в августе (А) и сентябре (Б) 2019 г.

Влияние арктических антициклонов с давлением в центре 1013–1030 гПа, располагавшихся в высоких широтах, определило аномально низкие показатели ледовитости в конце августа — начале сентября, расширение зоны влияния речного стока в сторону открытого моря и благоприятные погодные условия в Восточно-Сибирском море для проведения научных исследований. В период исследований наблюдалась пасмурная погода с кратковременными прояснениями. Преобладание облачности нижнего яруса общим количеством 10 баллов слоистых (St) и слоисто-кучевых (Sc) форм сопровождалось выпадением осадков в виде мороси, дождя и снега. Относительная влажность воздуха при среднем значении 92%, изменялась от 73 до 99%. Атмосферное давление в приводном слое понижалось от 1030 до 1001 гПа, температура воздуха варьировала в диапазоне от минус 1,6 до 7,8 °С. Среднее значение температуры воздуха равнялось 1,4 °С, атмосферного давления — 1018,0 гПа. Преобладал южный ветер (повторяемость 24%) силой 1–2 балла (1–3 м/с) (рис. 3). Повторяемость штилевых условий погоды составила 9%, максимальная скорость ветра не

превышала 10 м/с, что обусловило волнение 1–2 балла и высокую повторяемость туманов — 48%.

Акваторию Восточно-Сибирского моря условно разделяют на западную и восточную части по меридиану 165° в. д. Исследования, выполненные в последней декаде августа и первой декаде сентября 2019 г., показали, что на шельфе доминировали водные массы арктического происхождения и воды Восточно-Сибирского моря. На границе шельфа и материкового склона, на глубинах более 180 м были отмечены воды атлантического происхождения, которые хорошо выделялись по солёности более 34,5‰ и положительным значениям температуры. Присутствие распреснённых вод речного стока установлено в центральной и юго-восточной части шельфа по содержанию солёности на поверхности моря менее 25‰.

В юго-восточной части моря температура воды на поверхности моря изменялась от 2,5 до 5,1 °С при солёности 16–28‰, что указывает на более интенсивный их прогрев и распреснение по сравнению с показателями, отмеченными в начале 2000-х годов [Савельева и др., 2008]. Величина верхнего квазиодно-

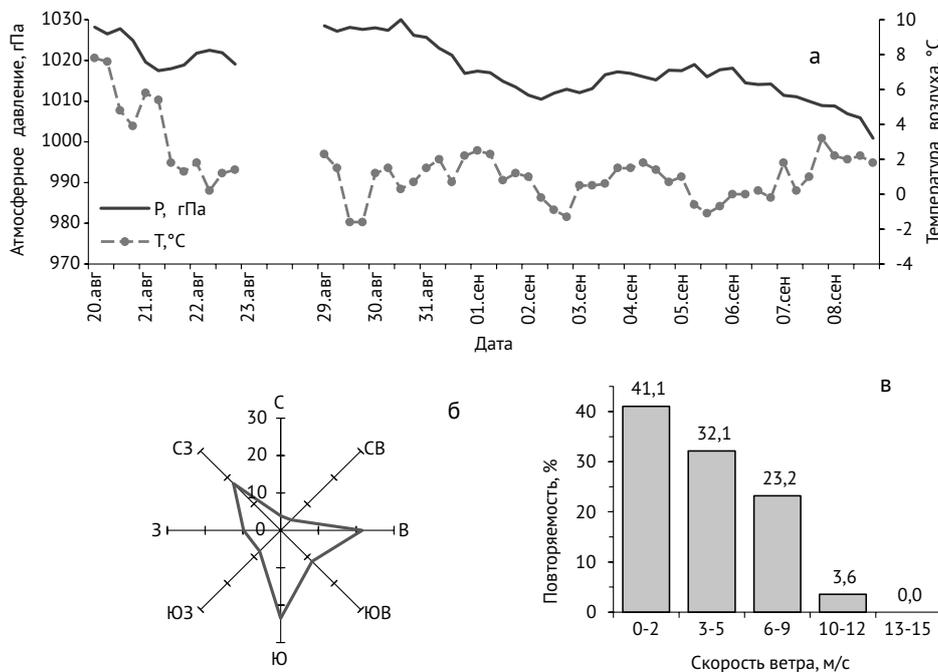


Рис. 3. Динамика атмосферного давления (гПа) и температуры воздуха °С (а), направления и скорости преобладающих ветров (б) и повторяемость скорости ветра, % (в) по данным судовых наблюдений в Восточно-Сибирском море в августе-сентябре 2019 г

родного слоя (ВКС) составляла 5–10 м. Слой холодного галоклина характеризовался температурой от минус 0,7 до минус 1,7 °С и солёностью 30,8–32,3‰. В придонном слое температура воды изменялась от минус 1,0 до минус 1,6 °С при солёности 31,5–32,3‰ (рис. 4).

В центральной и северо-восточной части Восточно-Сибирского моря температура воды на поверхности изменялась от минус 0,3 °С (на участках регистрации льда) до 3,3 °С при вариации солёности от 21,3 до 28,4‰. Величина ВКС уменьшалась в северном направлении от 17 до 5 м. Слой холодного галоклина располагался на горизонтах от 26 до 90 м и хорошо выделялся по низким значениям температуры от минус 1,5 до ми-

нус 1,7 °С при солёности 31,5–32,7‰. В придонном слое отмечали вариации температуры от 0,15 до минус 1,7 °С и солёности от 29,8 до 32,8‰. Минимальные значения температуры в придонном слое регистрировали на участках выхода холодного галоклина на мелководья (см. рис. 4). Линза распределённых «перезимовавших» вод отчётливо прослеживалась в распределении солёности придонного слоя по значениям менее 31‰.

В западной части Восточно-Сибирского моря температура воды на поверхности уменьшалась от 2,3 до 1,1 °С в северном направлении по мере удаления от мелководных участков шельфа, при этом солёность вод возрастала от 22,5 до 28,3‰. Прогрев поверхностных вод этой части акватории был

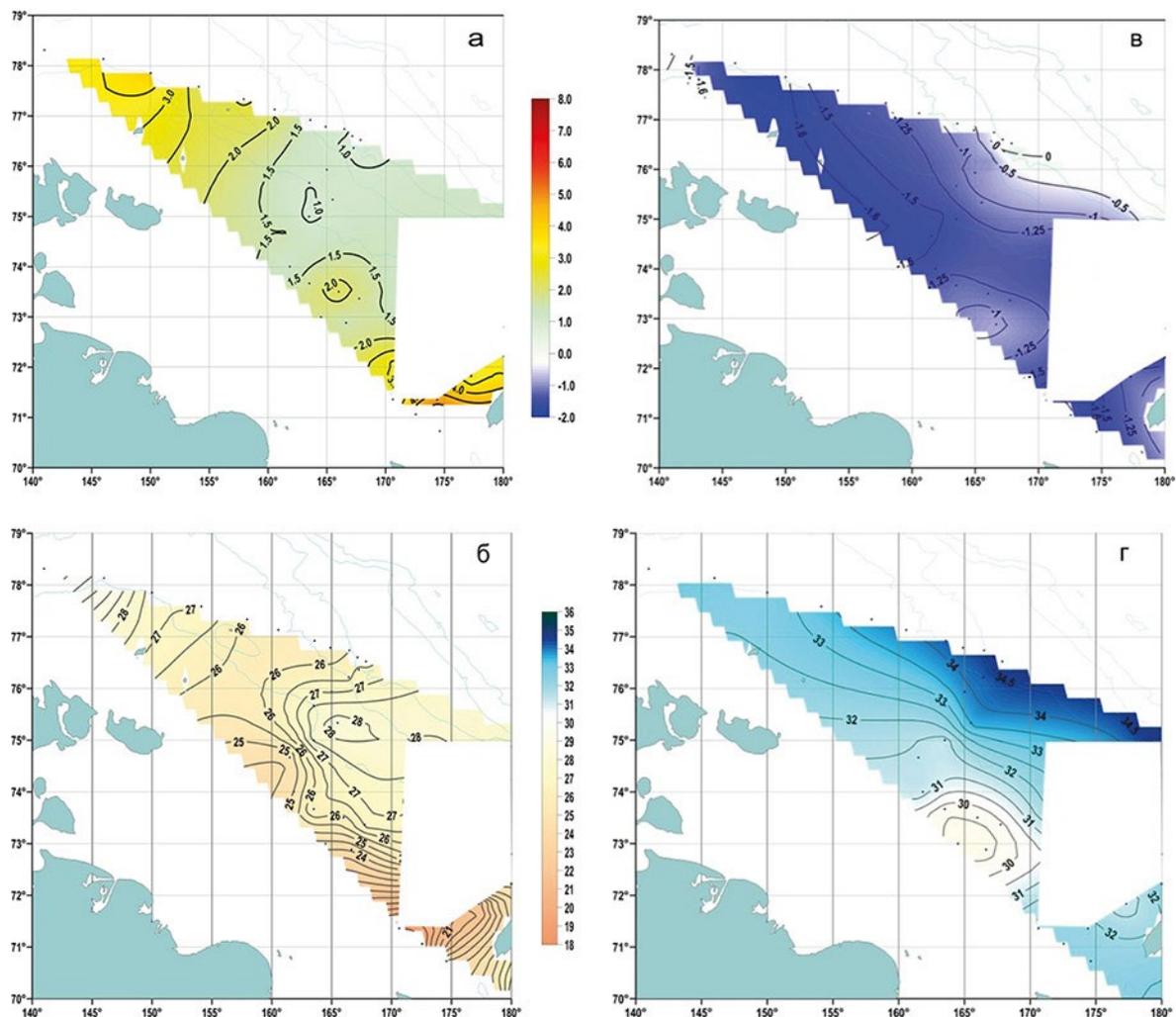


Рис. 4. Распределение температуры воды, °С (вверху) и солёности,‰ (внизу) на поверхности (а, б) и в придонном слое (в, г) Восточно-Сибирского моря в августе-сентябре 2019 г.

менее интенсивным, чем в начале 2000-х гг. [Савельева и др., 2008], на что указывают средние значения температуры ВКС ($1,7 \pm 0,6$ °С) при более высоких средних значениях солёности ($26,6 \pm 2,9$ ‰) в этом слое. ВКС соответственно уменьшался от 16 до 5 м. Слой холодного галоклина на этом участке шельфа не отмечался на мелководьях и прослеживался к северу от $74^{\circ}30'$ с. ш. на глубинах от 30 до 64 м по температуре от минус 1,5 до минус 1,75 °С, где солёность составляла 31,1–33,7‰. В придонном слое отмечали отрицательные значения температуры воды от минус 0,1 до минус 1,7 °С при солёности от 29,2 до 34,7‰. На станциях с глубинами более 180 м в слое от 130 м до дна были зарегистрированы воды атлантического происхождения, которые характеризовались высокими значениями солёности 34,5–34,7‰ и положительными температурами до 0,6 °С.

В северо-западной части моря севернее 77° с. ш. и к западу от 155° в. д. отмечены бо-

лее высокие значения температуры на поверхности моря, чем на других его участках, которые изменялись от 2,1 до 4,0 °С при солёности 27,6–29,7‰. Соответственно, ВКС на этой акватории был более развит и достигал глубины 13–16 м. Слой холодного галоклина на станциях отмечали на глубинах от 22 м по температуре минус 1,5 — минус 1,75 °С, где солёность составляла 31,1–33,7‰. В придонном слое водные массы характеризовались температурой минус 1,2 — минус 1,7 °С и солёностью 31,4–33,9‰.

Результаты гидрохимических исследований показали, что в Восточно-Сибирском море, также как и в Чукотском море [Орлов и др., 2019], в период исследования процессы фотосинтеза лимитировались азотом, концентрации которого в фотическом слое снижались до значений аналитического нуля. Анализ вертикальной структуры вод и распределения океанологических парамет-

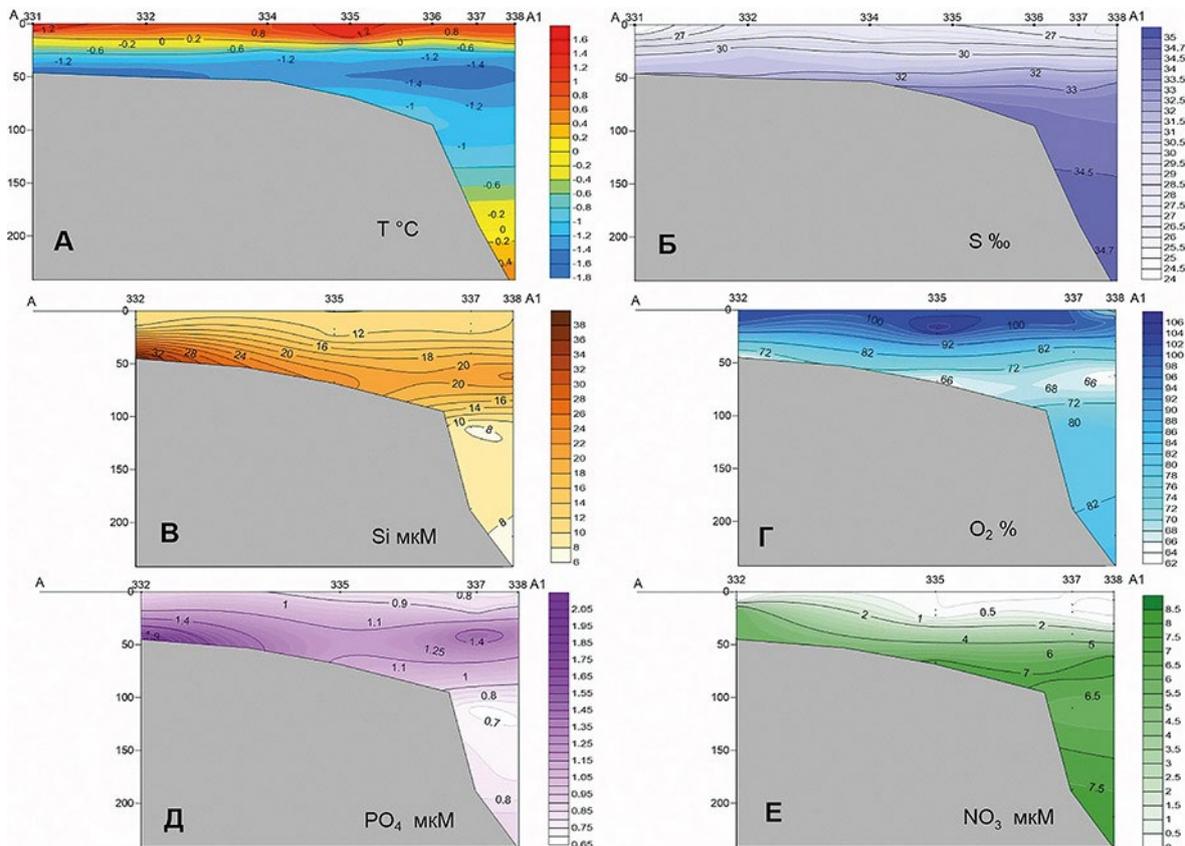


Рис. 5. Распределение температуры, °С (А), солёности, ‰ (Б), кремния, мкМ (В), насыщения воды кислородом, % (Г), фосфатов, мкМ (Д) и нитратов, мкМ (Е) на разрезе А-А1 в Восточно-Сибирском море в сентябре 2019 г.

тров на переходе от шельфа к материковому склону (рис. 5) показывает, что содержание растворённого кислорода на поверхности находилось в диапазоне от 6,33 до 8,98 мл/л. На большей части исследованной акватории значения в среднем были 8,2 мл/л. Небольшое понижение содержания растворённого кислорода происходило только на северных станциях разреза А-А1. Практически на всех станциях степень насыщения воды кислородом в поверхностном слое была выше 100%, что свидетельствует о продолжении активной вегетации. При этом в придонном слое концентрация растворённого кислорода падала на некоторых станциях до 1,05 мл/л (12% насыщения) в северо-восточной части моря. В целом же содержание кислорода в глубинных водах было довольно высоким с насыщением от 64 до 88%.

В поверхностном слое (0–10 м) отмечали распресснённые и относительно тёплые воды, солёностью менее 27,5‰ и температурой более 0,5 °С, которые имели высокую степень насыщения кислородом (выше 100%), низкое содержание фосфатов, азота нитритов и азота нитратов. Хорошо выраженный пикноклин (10–25 м), разделял воды поверхностного и промежуточного слоев, в котором температура понижалась от 0,5 °С до минус 1,2 °С. Холодные воды промежуточного слоя прослеживались на глубинах 25–125 м и характеризовались низкими значениями температуры минус 1,1–1,2 °С. В этом слое на горизонтах 50–70 м наблюдались максимальные концентрации кремния (~ 20 мкМ) и снижение степени насыщения воды кислородом до 60–75%, что подтверждает влияние тихоокеанских вод (с присущим им более высоким содержанием кремния) на океанологические условия Восточно-Сибирского моря. На материковом склоне на глубинах более 180 м отмечали воды атлантического происхождения, которые отчётливо выделялись по следующим характерным показателям: температура от 0 до 0,6 °С, солёность 34,5–34,75‰, низкое содержание кремния (менее 10 мкМ) и увеличение насыщения воды кислородом до 80–85%.

Поступление атлантических вод вдоль материкового склона в Восточно-Сибир-

ское море на глубинах 190–240 м обусловило присутствие копепопод рода *Calanus* в планктонных ловах и краба-стригуна опилио *Chionoecetes opilio* и мойвы *Mallotus villosus* в траловых уловах.

Гидробиологические исследования.

В Восточно-Сибирском море гидробиологические работы проводились в шельфовой зоне в диапазоне глубин 25–253 м. Основные исследования проведены на внутреннем шельфе (глубины до 100 м), четыре станции выполнены в пределах внешнего шельфа (104–253 м).

Фитопланктон. Средняя величина биомассы фитопланктона на всей исследованной акватории составляла 112,4 мг/м³. На большей её части вегетация фитопланктона уже закончилась, о чём свидетельствовали большое количество мёртвых клеток фитопланктона (до 3500 мг/м³), а также низкие показатели биогенных элементов (в основном растворённого неорганического азота), концентрации которого были близки к аналитическому нулю. Это связано с интенсивным продуцированием органического вещества (фитопланктона) в более ранние сроки. Цветение фитопланктона наблюдалось только на акватории внутреннего шельфа, где его биомасса находилась на уровне 136,1 мг/м³. Максимальные концентрации более 700 мг/м³ отмечались в центральной части (рис. 6 а), в этом районе абсолютно преобладали диатомовые водоросли *Chaetoceros atlanticus*.

Зоопланктон. Средняя биомасса зоопланктона (размером 0,2–40 мм) на исследованной акватории Восточно-Сибирского моря составляла 436,7 мг/м³, доминировали сагитты (43,6%) и копеподы (33,2%). На акватории внутреннего шельфа уровень биомассы зоопланктона был в 2,5 раза выше, чем на внешнем шельфе (487 мг/м³ и 199,1 мг/м³, соответственно). Причём на внутреннем шельфе преобладали сагитты (44,8%), а внешнем — копеподы (48,2%). Основу сетного зоопланктона составлял крупный зоопланктон (размером от 2 до 40 мм), который является кормовой базой планктоноядных рыб. Средняя величина его биомассы равнялась 371 мг/м³, что составляло 85% от обще-

го количества сетного зоопланктона. Доли мелкого (0,2–1,2 мм) и среднеразмерного (1,2–2,0 мм) зоопланктона, который является кормом хищного планктона и личинок рыб, составляли всего 9,4 и 5,6% от общей биомассы, соответственно.

Биомасса мелкоразмерного зоопланктона (0,2–1,2 мм) на исследованной акватории шельфа варьировала от 11,1 (внешний шельф) до 47,4 мг/м³ (внутренний шельф), в среднем по акватории — 41,1 мг/м³. Горизонтальное распределение носило пятнистый характер (рис. 6 б). Повышенное содержание мелкого зоопланктона (более 100 мг/м³) наблюдалось в юго-восточной части района исследований, а минимальные — в северной глубоководной части. Основу биомассы мелкого зоопланктона формировал *Pseudocalanus minutus*, а также копеподиты калянусов. В средней фракции по биомассе, как и в мелкой фракции, преобладал поверхностный вид копепод *P. minutus*, основные концентрации которого были сосредоточены в южной части шельфа. Среди копепод также многочисленны

были *Calanus glacialis*, *C. finmarchicus* и *C. hyperboreus*.

Горизонтальное распределение средней фракции зоопланктона было сходным с таковым мелкой фракции, основные концентрации располагались в южной мелководной части шельфа (рис. 6 в). Средняя биомасса на исследованной акватории изменялась от 11,5 мг/м³ (внешний шельф) до 27,4 мг/м³ (внутренний шельф), на всей обследованной акватории — 24,6 мг/м³.

Средняя биомасса крупной фракции по всему шельфу составляла 371,0 мг/м³. На акватории внутреннего шельфа биомасса была в 2 раза выше, чем на внешнем шельфе (412,2 и 176,6 мг/м³, соответственно). Максимальные концентрации крупного зоопланктона (более 1100 мг/м³) отмечены в южной части исследованного района (рис. 6 г).

Средняя величина биомассы копепод изменялась от 86,6 мг/м³ (внутренний шельф) до 75,6 мг/м³ (внешний шельф), на всей акватории — 84,5 мг/м³. Максимальные концентрации копепод (более 200 мг/м³) были сосредоточены в юго-восточной части шельфа

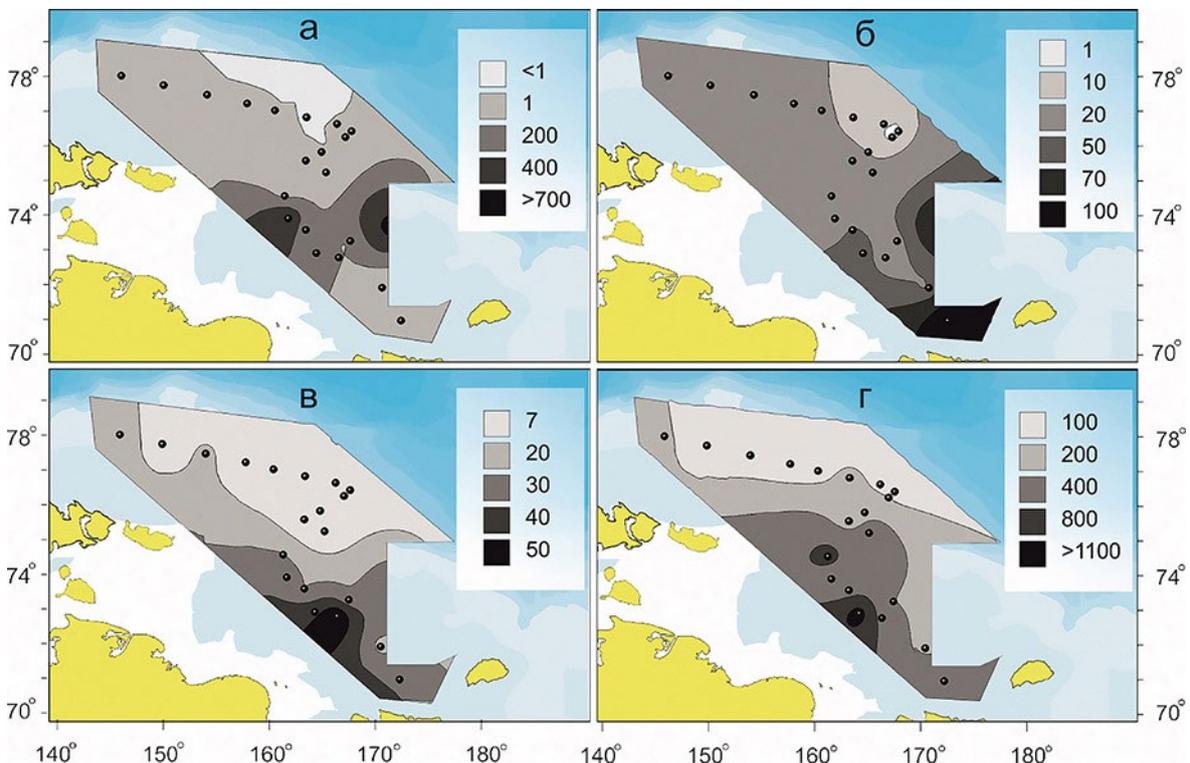


Рис. 6. Распределение сетного планктона в Восточно-Сибирском море (мг/м³) в слое 200–0 (дно — 0 м): а — фитопланктон; б — мелкая фракция; в — средняя; г — крупная.

(рис. 7 а). Среди копепод доминировали *C. glacialis*, *C. hyperboreus*, *C. finmarchicus*, а также *Metridia longa*. Их максимальные концентрации были сосредоточены в глубоководной части шельфа.

Эвфаузииды на исследованной акватории Восточно-Сибирского моря были представлены двумя видами *Thysanoessa longicaudana* и *Th. raschii*. Максимальные концентрации эвфаузиид отмечались в глубоководной части (рис. 7 б), уровень их биомассы превышал 40 мг/м³. Гиперииды были представлены четырьмя видами, повсеместно преобладали представители рода *Themisto* (*T. libellula*, *T. abyssorum*), на мелководных участках шельфа встречалась *Hyperia galba*. Высокие концентрации гипериид отмечены в шельфовой зоне (рис. 7 в). В период исследований отмечены два вида щетинкочелюстных *Sagitta elegans* и *Flaccisagitta maxima*. Средняя величина их биомассы на всей исследованной аква-

тории составляла 190,1 мг/м³, на внутреннем шельфе — 218,0 мг/м³, в глубоководной части — 57,4 мг/м³ (рис. 7 г). Среди других представителей макропланктона отмечены медузы, птероподы и гамариды, основные концентрации которых были сосредоточены в мелководном районе. Среди медуз преобладала *Sarsia tubutesa*, а среди птеропод — крупные особи *Limacina helicina*. Значение других представителей крупной фракции зоопланктона было невелико.

Таким образом, во время исследований на большей части исследованной акватории наблюдался летний период вегетации фитопланктона, также на это указывало присутствие в планктоне большого количества науплий и ранних стадий копепод, личинок донных организмов. На внутреннем шельфе в зоопланктоне преобладали сагитты, а на внешнем копеподы. Наибольший вклад в общую биомассу копепод вносили представители рода *Calanus*. На мелководных участках

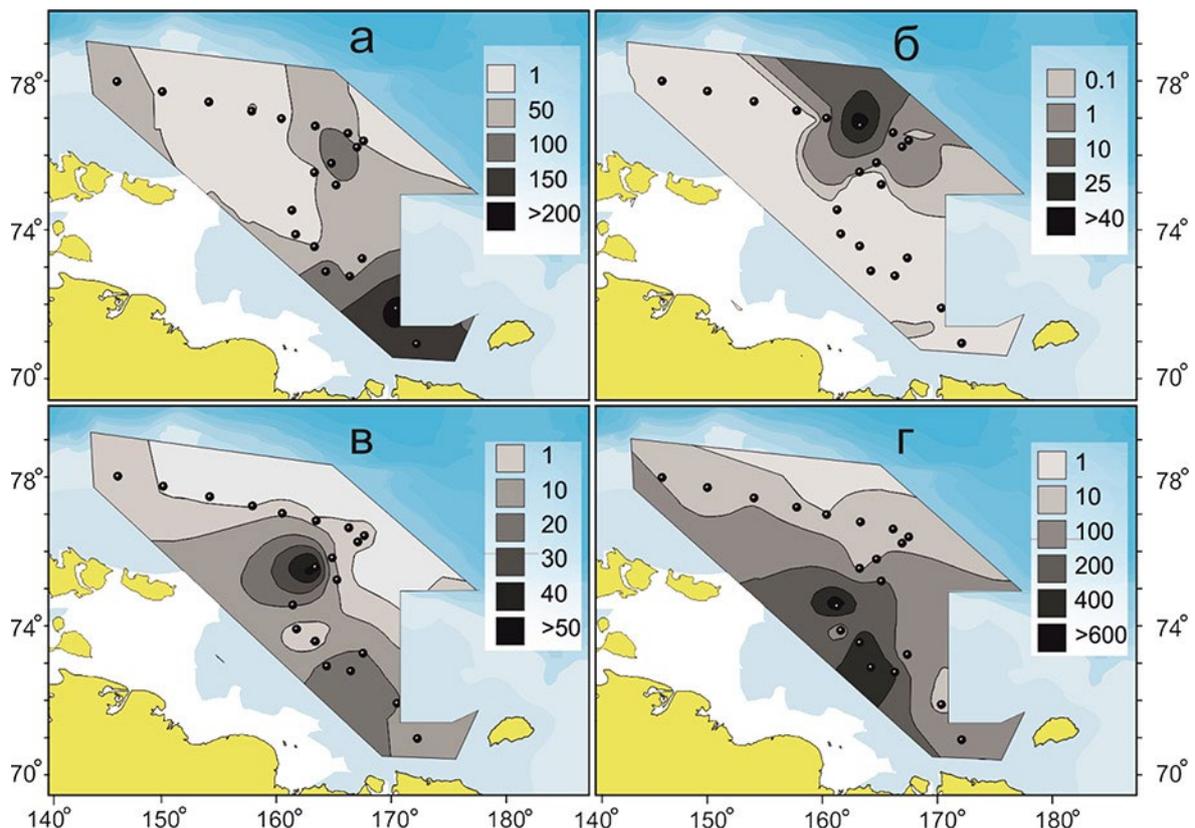


Рис. 7. Распределение доминирующих групп зоопланктона в Восточно-Сибирском море (мг/м³) в слое 200–0 (дно — 0 м) в сентябре 2019 г.:

а — копеподы; б — эвфаузииды; в — гиперииды; г — сагитты

относительно высокую биомассу имели медузы, птероподы и гамариды.

Траловый бентос. В ходе исследований проанализирован улов 20 тралений, в которых идентифицировано 109 таксонов беспозвоночных различных систематических групп, включая 65 видов. Общая биомасса тралового бентоса изменялась от 0,25 до 80 кг/милю. Средняя биомасса бентоса в траловых уловах составляла 15 кг/милю. Высокий уровень биомассы отмечался на северо-западе и юго-востоке исследованной акватории (рис. 8), самые низкие значения отмечены на севере в районах свала глубин. Основу бентоса в траловых уловах составляли иглокожие, их вклад в общую биомас-

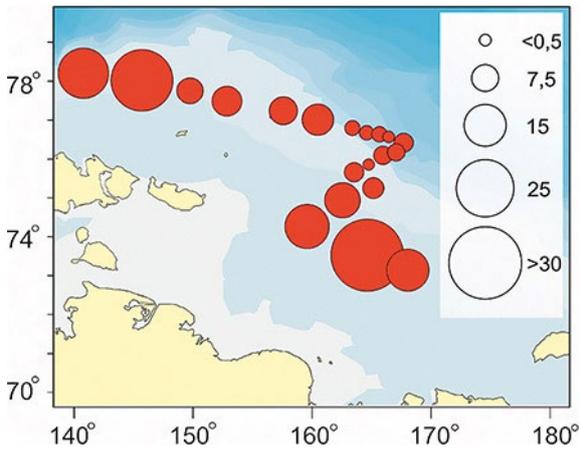


Рис. 8. Биомасса мегабентоса (кг/миля) по данным траловых уловов в Восточно-Сибирском море в сентябре 2019 г.

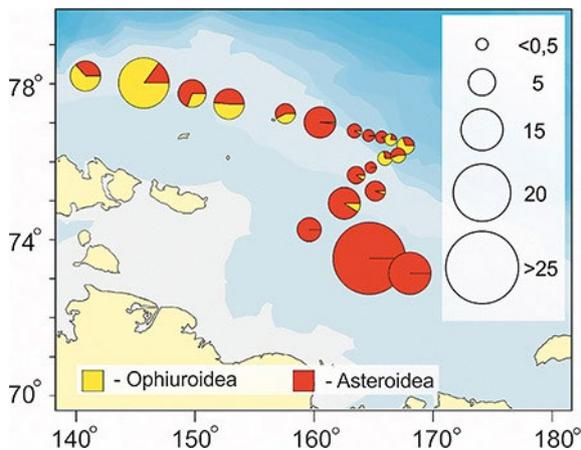


Рис. 9. Биомасса морских звёзд и офиур (кг/миля) в Восточно-Сибирском море в сентябре 2019 г.

су составлял 74%. На юго-востоке доминировали морские звезды *Urasterias linkii*, а в северо-западных районах — офиуры *Gorgonocephalus arcticus* и *G. eucnemis* (рис. 9).

Ракообразные в общей биомассе бентоса занимали 9%, главным образом, они были представлены различными видами десятиногих раков (рис. 10). На семи траловых станциях в районе континентального склона на глубинах 190–240 м в уловах был отмечен краб-стригун опилио, общий улов которого составил 113 экземпляров. Ширина карапаса (ШК) самцов изменялась от 24 до 77 мм, самок — от 29 до 67 мм, модальные группы — 46 и 32 мм, соответственно. Подавляющее большинство самок (87%) были неполовозрелыми. Помимо стригуна, в уловах отмечались крабы-пауки *Hyas coarctatus*. Всего было поймано 33 экземпляра, средняя ШК составила 34 мм. Максимальные скопления крабов-пауков зарегистрированы на глубинах 90–110 м. Кроме крабов в приловах отмечались креветки: *Eualus suckleyi*, *Sclerocrangon ferox*, *Sabinea septemcarinata*.

На всей акватории моря достаточно часто встречались представители класса коралловых полипов (Anthozoa): актинии *Hormathia digitata m. nodosa*, *H. digitata m. parasitica*, *Stomphia* sp.; кораллы *Gersemia rubiformis*, *Drifa glomerata*, *Epizoanthus* sp. и *Umbellula encrinus*. Их вклад в биомассу мегабентоса находился на уровне 6%.

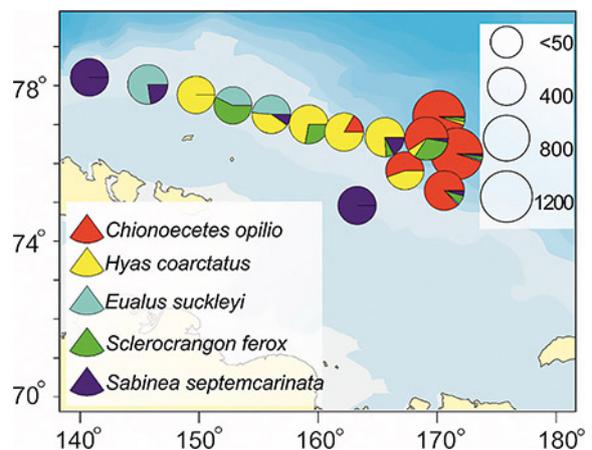


Рис. 10. Биомасса различных десятиногих ракообразных (кг/милю) в Восточно-Сибирском море в сентябре 2019 г.

Брюхоногие моллюски встречались преимущественно на юге исследованной акватории в шельфовой части. Доля моллюсков в общей биомассе составляла 4,5%. В уловах были отмечены следующие виды: *Vuccinum scalariforme*, *V. hydrophanum*, *V. polare*, *Colus sabini*, *C. islandicus*, *Beringius behringii*, *Neptunea despecta*, *Margarites groenlandicus*.

Полихеты (*Spiochaetopterus typicus*, *Hamingia arctica*, *Onuphidae* gen. sp., *Polynoidae* gen. sp., *Sabellidae* gen. sp., *Maldanidae* gen. sp., *Brada granulosa*, *B. villosa*, *Terebellidae* gen. sp.), асцидии (*Ciona intestinalis*, *Asciadiacea* gen. sp.) и губки (*Clathria* sp., *Polymastia grimaldii*, *Polymastia* sp., *Radiella* sp., *Craniella cranium*, *Thenea* sp., *Porifera* gen. sp.) составляли по 1,5–2% в общей биомассе бентоса, однако, встречались только в северной и северо-западной частях обследованной акватории.

Ихтиологические исследования. В ходе исследований в Восточно-Сибирском море выполнено 20 донных тралений на глубинах 33–250 м. Проведение траловых работ осложнялось наличием тяжёлых илистых грунтов и неровностью рельефа дна (рис. 11), что требовало тщательного поиска подходящих участков для выполнения донных тралений. В период исследований в тра-

ловых уловах встречено 17 донных и придонных видов рыб из 6 семейств (табл. 1), что существенно больше, чем было отмечено в 2015 г. [Глебов и др., 2016] и может быть связано с иной локализацией станций и разной площадью районов исследований в разные годы.

Доминирующим видом на обследованной акватории, как и в августе 2015 г., была сайка *Boreogadus saida* (частота встречаемости (ЧВ) 100%), в основном представленная неполовозрелой молодью. Мойва была отмечена только в двух тралениях (ЧВ 10%). Остальные виды регистрировались редко, а их уловы исчислялись несколькими экземплярами. Из непромысловых видов наиболее часто регистрировался в уловах *Liparis laptevi* (ЧВ 30%). Семейство рогатковых (Cottidae) было представлено наибольшим числом видов, чаще всего отмечен *Triglops nybelini* (ЧВ 20%). Таким образом, видовой состав уловов полностью соответствует положению района исследований, который в значительной степени удалён и от материкового склона, и от мелководных прибрежных участков моря. Практически все виды рыб, включая сайку, рогатковых, бельдюговых и липаровых были представлены некрупными особями, которые, вероятно,

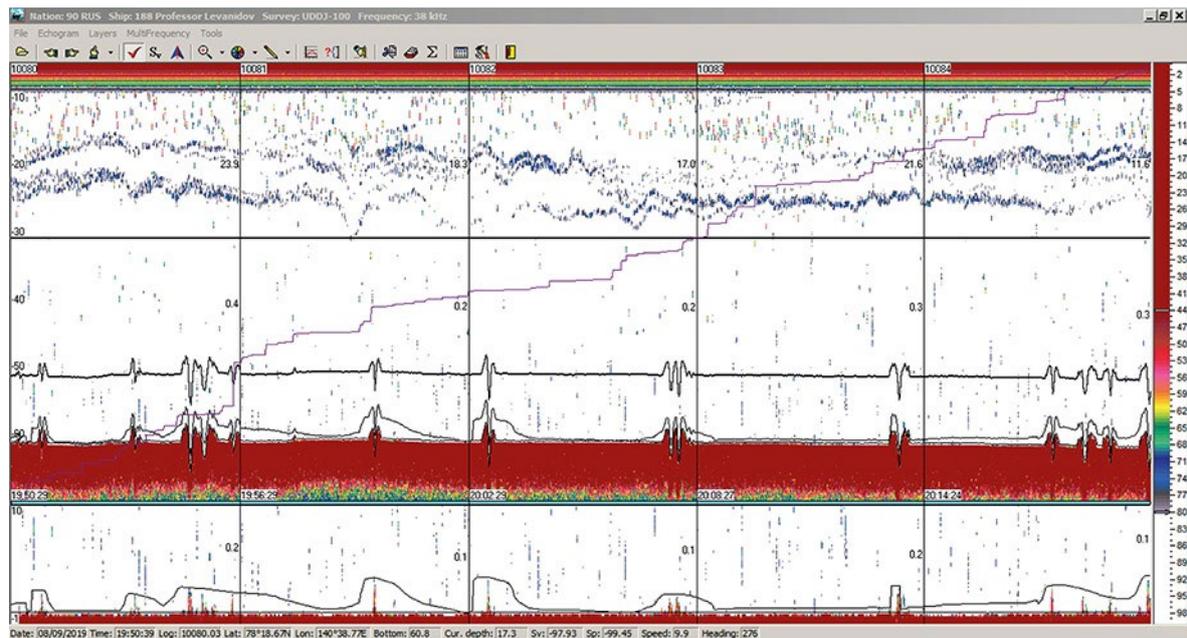


Рис. 11. Неровности рельефа дна Восточно-Сибирского моря на глубинах менее 100 м

Таблица 1. Видовой состав уловов и размер отдельных видов рыб в Восточно-Сибирском море в августе 2015 г. [Глебов и др., 2016] и в сентябре 2019 г.

Вид	Общая длина (TL), см			
	2015		2019	
	Min	Max	Min	Max
Сем. Ammodytidae				
<i>Ammodytes hexapterus</i>	9,0	9,0	–	–
Сем. Gadidae				
<i>Boreogadus saida</i>	6,0	19,7	5,5	31,0
<i>Arctogadus glacialis</i>	–	–	28,0	28,0
Сем. Cottidae				
<i>Arctiellus atlanticus</i>	–	–	12,0	12,0
<i>Arctiellus scaber</i>	7,0	7,0	8,0	8,0
<i>Gymnacanthus tricuspis</i>	5,0	12,0	8,0	16,0
<i>Icelus bicornis</i>	–	–	6,0	8,0
<i>Icelus spatula</i>	6,0	6,0	7,0	7,0
<i>Triglops nybelini</i>	–	–	5,0	12,0
Сем. Liparidae				
Liparidae gen. sp.	8,0	8,0	–	–
<i>Liparis bathyartica</i>	–	–	6,0	16,0
<i>Liparis fabricii</i>	–	–	7,0	14,0
<i>Liparis laptevi</i>	–	–	6,0	16,0
<i>Liparis tunicatus</i>	–	–	11,0	23,0
Сем. Myctophidae				
<i>Benthosema glaciale</i>	–	–	6,0	7,0
Сем. Osmeridae				
<i>Mallotus villosus</i>	–	–	13,5	13,5
Сем. Stichaeidae				
<i>Anisarchus medius</i>	9,0	9,0	–	–
Сем. Zoarcidae				
<i>Gymnelus andersoni</i>	–	–	11,0	14,0
<i>Lycodes polaris</i>	9,0	25,0	10,0	23,0
<i>Lycodes raridens</i>	21,0	21,0	–	–
<i>Lycodes reticulatus</i>	–	–	34,0	34,0
<i>Lycodes</i> sp.	12,0	12,0	–	–

заносятся на акваторию проведения исследований течениями из рядом расположенных районов и морей.

Бедность видовой состава ихтиофауны в пределах обследованного полигона определяется очень суровыми условиями Восточно-Сибирского моря. Его высокоширотное положение, а также значительная удалённость от Атлантического и Тихого океанов

и близость полярных льдов определяют климат моря, которое является самым ледовитым из российских арктических морей.

В пределах обследованной акватории сайка встречалась в небольших количествах практически повсеместно, но держалась очень разреженно (рис. 12), не формируя плотных скоплений. Отмечена на глубинах от 33 до 250 м при значениях придонных

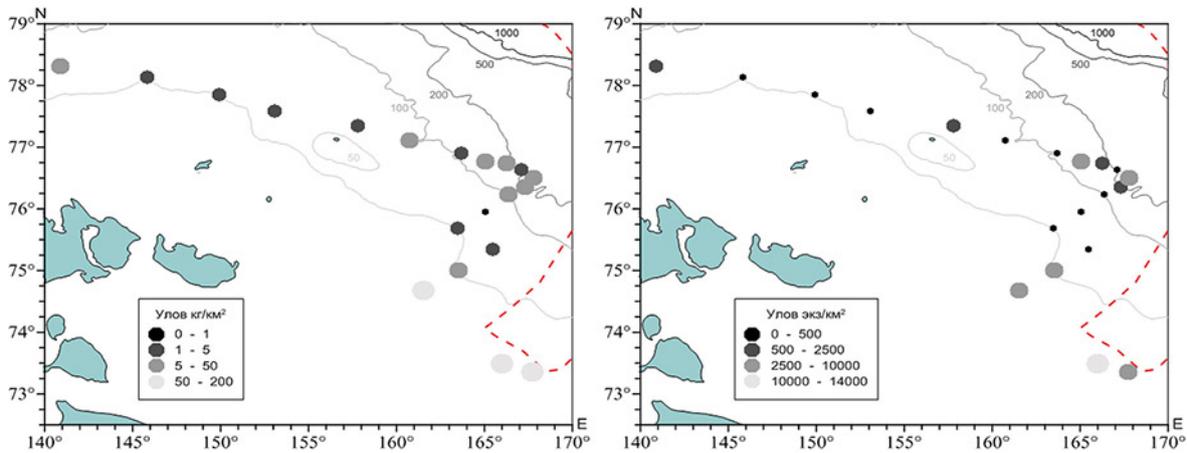


Рис. 12. Распределение плотностей сайки в Восточно-Сибирском море по биомассе, кг/км² (слева) и численности, экз/км² (справа)

температур от минус 1,7 до 0,47 °С. Максимальные концентрации отмечены в юго-восточной части исследуемой акватории (13 661 экз/км² или 195,4 кг/км²). На северо-западе исследуемой акватории плотность концентраций сайки составляла от 1,9 кг/км² (180 экз/км²) до 42,2 кг/км² (2925 экз/км²), в среднем 11,6 кг/км² (1038 экз/км²). В целом по морю, средняя плотность концентраций сайки составила 26,6 кг/км² или 2043 экз/км², что несколько выше (20,1 кг/км²) результатов съёмки 2015 г. [Глебов и др., 2016].

В уловах регистрировалась сайка длиной от 5,5 до 31,0 см при среднем значении 11,5 см, что заметно выше (9,7 см) в сравнении с результатами исследований 2015 г. [Глебов и др., 2016]. Основу численности формировали особи от 7,5 до 14,0 см (86,5%). В 2015 г. в уловах преобладала сайка меньших размеров — от 8 до 11 см. Средняя длина самцов и самок была практически одинаковой и составила 12,8 и 12,9 см, соответственно. Средняя масса самок была незначительно выше таковой самцов (16,7 и 15,7 г, соответственно). Подавляющее число исследованных особей, как и в 2015 г., имело гонады на II стадии зрелости (около 82%). Соотношение самок и самцов в уловах было приблизительно равным (1:1,1). Около 17% особей были неполовозрелыми. Основу рациона составляли копеподы (ЧВ 57,8%) и гиперииды (27,0%) Среди прочих объектов питания отмечены эвфаузииды (11,3%) и амфипо-

ды (4,2%). Интенсивность питания была низкой (СБНЖ = 1,2).

Трофологические исследования. Всего в период исследований проанализировано питание 8 видов рыб (2 пелагических и 6 донных), включавших анализ 197 желудков в 50 пробах.

Сайка. Проанализировано 185 желудков (34 пробы) из 4 размерных групп. Рацион разновозрастной сайки отличался большим разнообразием и включал 14 таксономических групп планктонных, бентосных и нектонных организмов. Основу рациона сайки длиной до 20 см составлял планктон, в котором преобладали копеподы и гиперииды. Доля рыб в рационе увеличивалась с размерами от 0% (5–10 см) до 69,2% (20–25 см). Как и в Чукотском море [Орлов и др., 2019], интенсивность питания мелкой и среднеразмерной сайки была высокой — 140,9–225,8‰, а у крупных особей средней — 62,3‰.

Откорм сайки происходил в восточных и западных областях, в местах ее максимальных скоплений, там же отмечались максимальные индексы наполнения её желудков. В восточной части моря основу пищи составляли гиперииды, гамариды и копеподы, а в западной — гиперииды (рис. 13). Эвфаузииды в питании сайки отмечались преимущественно на западе, в местах, где плотности этих рачков были максимальными.

Мойва. Основным объектом питания мойвы были копеподы (89,1–98,6%), второ-

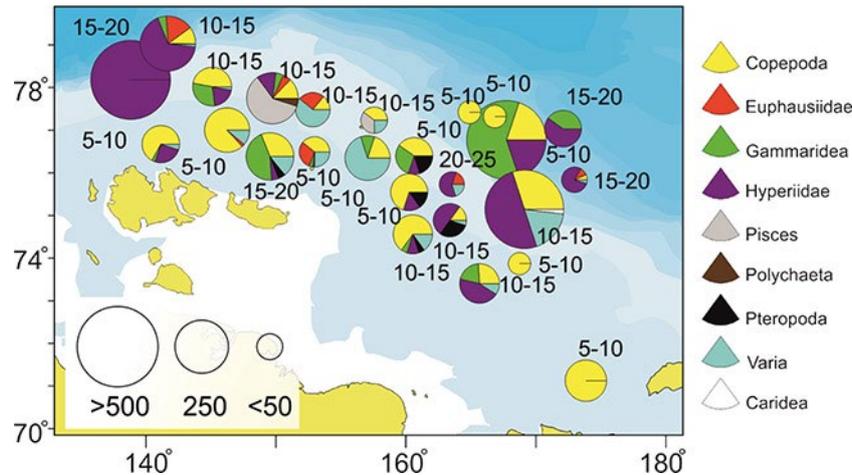


Рис. 13. Питание сайки различных размерных групп в Восточно-Сибирском море в сентябре 2019 г. (диаметр кругов соответствует среднему индексу наполнения желудков, цифрами обозначены размерные группы сайки)

степенными — эвфаузииды, аппендикулярии и остракоды. Интенсивность питания молоди (до 10 см) была высокой, средний индекс наполнения желудков составлял 250‰, у более крупной (10–15 см) — низкой (41,5‰).

Лунарис Лантева *L. laptevi*. У разновозрастных рыб основу питания составляли гаммариды, второстепенными объектами питания были копеподы и гиперииды. В пище также присутствовали ойкоплевры, медузы и мизиды. Интенсивность питания была высокой, средний ИНЖ — 308,3–371,4‰.

Лунарис чернобрюхий *L. fabricii* питался в основном гипериидами (69,6%) и гаммариды (22,5%). Средний индекс наполнения желудков составил 90,6‰.

На основании анализа незначительно объёма материалов по питанию четырёх видов рогатковых (арктического шлемоносца *Gymnocanthus tricuspis*, двурогого ицела *I. bicornis*, остроносого триглопса *Triglops pingelii* и шероховатого крючкороба *Artediellus scaber*) можно отметить, что интенсивность их питания была высокой, а основу пищи составляли гаммариды и полихеты. Кроме того, в питании ицела отмечались эвфаузииды. Крупные особи арктического шлемоносца наряду с полихетами интенсивно потребляли краба-паука *H. coarctatus*.

Акустические исследования. Акустические исследования в Восточно-Сибирском

море проведены впервые. В последней экспедиции 2015 г. описание и характеристики гидробионтов в толще воды по акустическим данным не приводились [Глебов и др., 2016]. В период наших исследований в Восточно-Сибирском море крупных рыбных концентраций не обнаружено. Из промысловых видов наблюдались небольшие разреженные скопления сайки преимущественно при температуре у грунта –1 °С. Концентрации отмечались на юго-востоке акватории исследований на мелководье на глубинах до 40 м и на северо-востоке акватории у грунта и на расстоянии до 50–100 м над ним при глубине моря от 110 м до 270 м (рис. 14). Значение s_A составляло не более 7 м²/миль² на 5 миль. Расчёт численности и биомассы по акустическим данным не производился ввиду неравномерного покрытия акватории.

Наличие разреженных скоплений и изучение эхозаписей в дальнейшем позволит определить силу цели (T_s) сайки для данного района и произвести сравнительный анализ с имеющимися аналогичными данными для других арктических морей.

Акустическими приборами зафиксированы выбросы газогидратов на отдельных участках акватории исследований. Особенности их регистрации на эхограмме научного эхолота на одном из таких участков представлены на рис. 15.

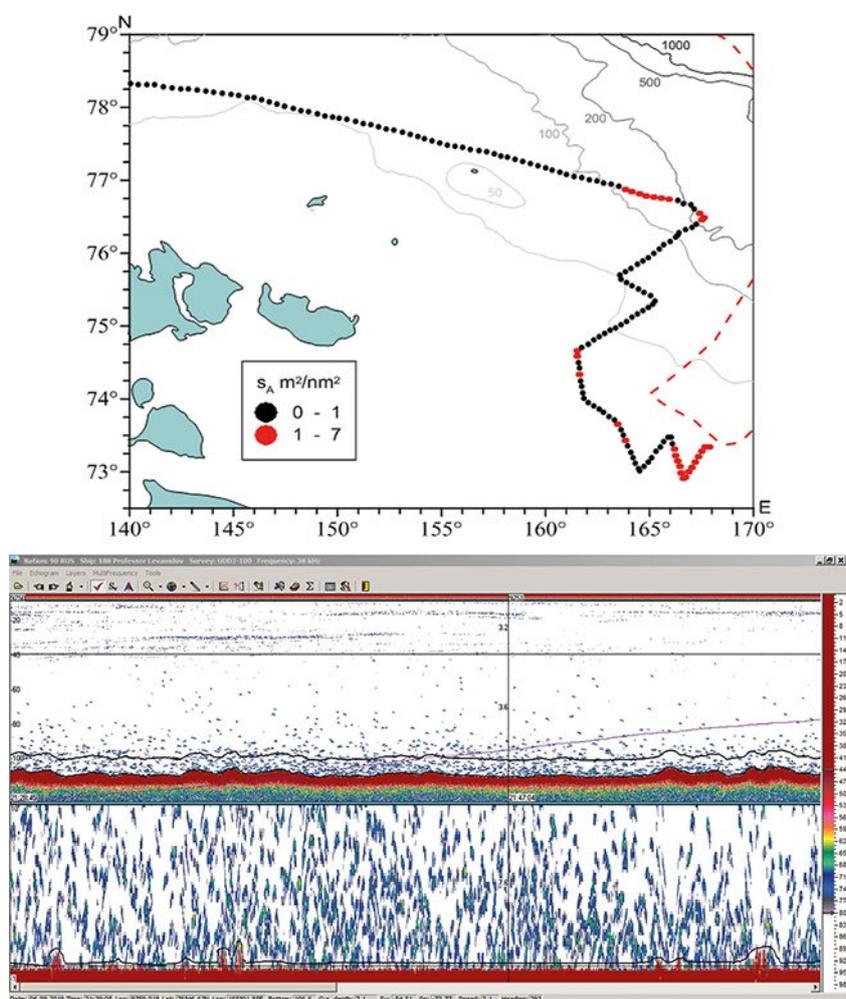


Рис. 14. Встречаемость сайки в Восточно-Сибирском море (вверху), разреженные скопления сайки на северо-востоке акватории съёмки (внизу) в сентябре 2019 г.

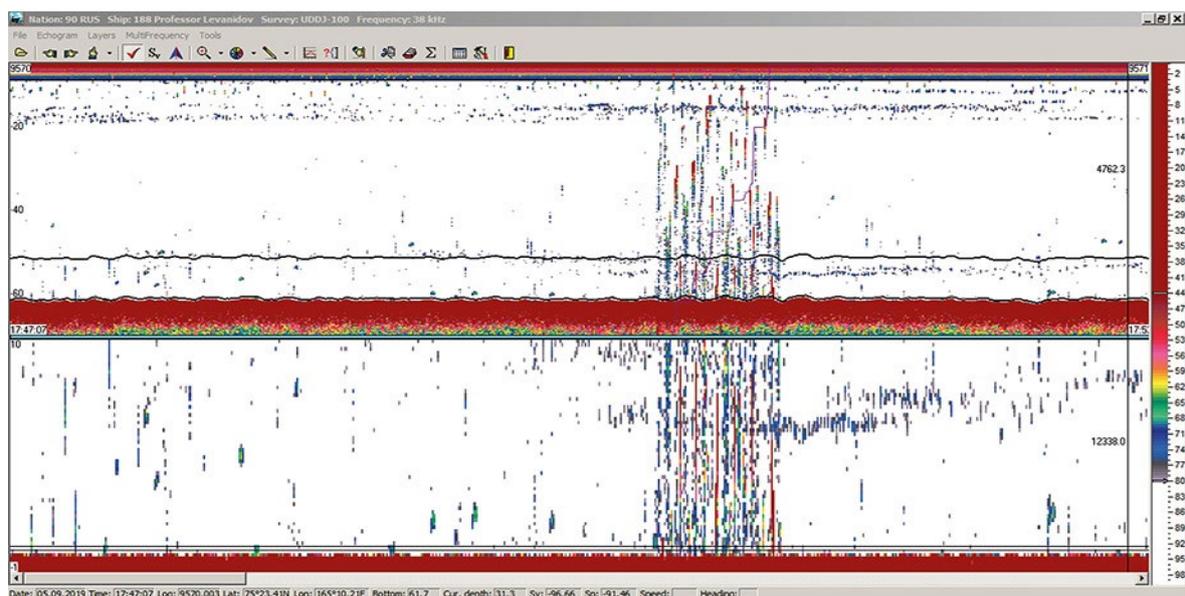


Рис. 15. Регистрация эхолотом подъёма газогидратов в Восточно-Сибирском море

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.

Сборы образцов тканей для популяционно-генетического анализа производили, в первую очередь, от объектов, имеющих промысловую значимость, а также других широко распространённых видов, встречающихся в уловах. В течение периода исследований в Восточно-Сибирском море собраны образцы тканей общим количеством 253 от 8 видов: *B. saida* (n=75), *C. opilio* (n=50), *H. coarctatus* (n=25), *Saduria sibirica* (n=30), *Actiniaria parasitica* (n=30), *Gorgonocephalus* sp. (n=20), *Nephtyidae* gen. sp. (n=20), *Boreonymphon abyssorum* (n=3).

Цель работ по ДНК-штрихкодированию состояла в пополнении базы данных последовательностей участка гена *COI* для всех основных промысловых видов водных биологических ресурсов (ВБР) и объектов прилова, создании коллекции ваучерных образцов, расширении данных по биоразнообразию океана и организации методической основы для видовой ДНК-идентификации объектов промысла и продукции, полученной в процессе переработки ВБР. В течение периода исследований в Восточно-Сибирском море собраны образцы тканей для ДНК-штрихкодирования общим количеством 11 от 8 видов: *T. nybelini* (n=2), *L. tunicatus* (n=1), *A. glacialis* (n=1), *L. reticulatus* (n=1), *G. andersoni* (n=1), *H. coarctatus* (n=3), *I. spatula* (n=1), *L. laptevi* (n=1). Кусочки тканей каждого гидробионта для анализа ДНК были зафиксированы в 96%-ном этаноле. Взятые на анализ гидробионты заморожены целиком и доставлены в лабораторию молекулярной генетики.

Для анализа воды на определение присутствия различных организмов в воде молекулярными методами (eDNA или акваДНК [Никифоров и др., 2018]) отбирали пробы с двух горизонтов — у поверхности и у дна. С каждого горизонта собирали и фильтровали по 3 пробы объёмом 1 л и фильтрова-

ли. Всего отобрано 36 образцов с 6 станций (см. рис. 1). При фильтровании поверхностных проб в воде визуально отмечались шерстинки млекопитающих разной длины, а также перья птиц. Кроме того, на определение содержания РНК отфильтровано несколько образцов воды, которые зафиксированы в специальном солевом растворе (IntactRNA). Все образцы после фильтрования заморожены и после окончания рейса доставлены в лабораторию молекулярной генетики для дальнейшего анализа. В ходе лабораторных исследований на основании анализа проб воды будут оценены видовое разнообразие и особенности распределения гидробионтов в Восточно-Сибирском море.

Отбор проб на содержание микропластика выполнен на 7 станциях по маршруту следования судна (см. рис. 1) в поверхностном слое моря нейстонной сетью типа «Манта» с размером ячеек сети 300 мкм, оснащённой счётчиком протока воды. Траления выполняли при циркуляции судна на скорости от 2,3 до 2,8 узлов в течение 15 минут. На станциях фиксировали показания счётчика, погодные условия, и состав улова. По окончании станции пробы промывали проточной заборной водой, фиксировали 4%-ным раствором формалина и по окончании экспедиции доставили в ФГБНУ «ВНИРО», где в лабораторных условиях выделяли частицы микропластика ситным методом (минимальный размер сита 0,25 мм).

Проведённые исследования показали, что, несмотря на незначительную хозяйственную освоённость Восточно-Сибирского моря, микропластик был обнаружен в двух пробах, отобранных в юго-восточной и центральной его частях. Важно отметить, что встречаемость и количество частиц пластика в пробах были незначительны. В настоящее время выполняется анализ состава микропластика в лабораторных условиях методом спектрометрии.

Благодарности

Авторы признательны своим коллегам С.В. Гафицкому, С.Н. Субботину, А.С. Хлебородову (Тихоокеанский филиал ФГБ-

НУ «ВНИРО» (ТИНРО), г. Владивосток), М.Ю. Таптыгину, Ю.Л. Фирсову (Полярный филиал ФГБНУ «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

- Глебов И.И., Надточий В.А., Савин А.Б., Слабинский А.М., Борилко О.Ю., Чульчечков Д.Н., Соколов А.С. 2016. Результаты комплексных исследований в Восточно-Сибирском море в августе 2015 г. // Известия ТИНРО. Т. 186. С. 81–92.
- Карты ледовой обстановки. 2019. Восточно-Сибирское море. Доступно через: http://www.nsra.ru/ru/navigatsionnaya_i_gidrometinformatiya/chart_ice_es_sea.html. 08.01.2020 г.
- Никифоров А.И., Гаврилов Б.А., Круглова Д.К., Посохова Е.С., Рабазанов Н.И., Орлов А.М. 2018. Исследования с использованием выделенной из водной среды ДНК: состояние и перспективы // Успехи современной биологии. Т. 138. № 1. С. 18–30.
- Никифоров Е.Г., Шнайхер А.О. 1980. Закономерности формирования крупномасштабных колебаний и гидрологического режима Северного Ледовитого океана. Л.: Гидрометеиздат, 270 с.
- Орлов А.М., Бензик А.Н., Ведищева Е.В., Гафицкий С.В., Горбатенко К.М., Горянина С.В., Зубаревич В.Л., Кодряк 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.
- Савельева Н.И., Семилетов И.П., Пипко И.И. 2008. Влияние синоптических процессов и речного стока на термохалинную структуру вод прибрежной зоны Восточно-Сибирского моря // Метеорология и гидрология. № 4. С. 63–72.

Поступила в редакцию 10.04.2020 г.

Information.
VNIRO Expeditions

**Preliminary results of fisheries research in the East Siberian
Sea at the 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

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

The results of complex research carried out in the East Siberian Sea on board of RV “Professor Levanidov” in September 2019 are presented. The formation of positive air temperature anomalies over the sea, the expansion of the zone of river flow influence in the central and southeastern parts of the shelf, and an abnormal decrease in sea ice cover were noted. Arctic water masses and the waters of the East Siberian Sea were dominant on the shelf. At depths of more than 180 m, waters of Atlantic origin were well traced by salinity more than 34.5‰, positive temperature and silicon content less than <10 μM. Photosynthesis processes were limited by nitrogen, whose concentrations in the photic layer were reduced to analytical zero. Summer phase of phyto- and zooplankton development was observed in most of the sea. The main contribution to the total biomass of mesoplankton was made by copepods and chaetognaths. Plankton biomass on the inner shelf was twice as high as on the outer shelf. The average benthic biomass in trawl catches was 15 kg per mile, of which up to 74% was echinoderms and 9% crustaceans. 17 fish species from 6 families were registered in trawl catches. The dominant species was the polar cod *Boreogadus saida* found in small numbers almost everywhere at depths 33 to 250 m with bottom temperatures from -1.7 to 0.47 °C, kept sparse, without forming dense aggregations. Maximum concentrations were observed in the southeastern part of the study area. High intensity of fish feeding was noted. Diets of polar cod and snailfishes (Liraridae) consisted mostly of hyperiids, gammarids, and copepods. The diet of capelin *Mallotus villosus* was dominated by copepods. Polychaetes and gammarids formed the bulk of the diet of sculpins (Cottidae). Microplastics are found in small quantities in the southeastern and central part of the sea only. Tissue samples were collected for population-genetic analysis, DNA-barcoding studies, and analysis of aquaDNA.

Keywords: East Siberian Sea, oceanological research, hydrobionts, ichthyofauna, acoustic data, microplastics, genetic research.

DOI: 10.36038/2307-3497-2020-179-187-205

REFERENCES

- 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 kompleksnyh 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.
- Karty ledovoj obstanovki. 2019. Vostochno-Sibirskoe more [East Siberian Sea]. Accessible via: http://www.nsra.ru/ru/navigatsionnaya_i_gidrometinformatiya/chart_ice_es_sea.html. 08.01.2020.
- Nikiforov A.I., Gavrilov B.A., Kruglova D.K., Posohova E.S., Rabazanov N.I., Orlov A.M. 2018. Issledovaniya s ispol'zovaniem vydelennoj iz vodnoj sredy DNK: sostoyanie i perspektivy [Research using DNA extracted from water: state and prospects] // *Uspekhi sovremennoj biologii*. T. 138. № 1. S. 18–30.
- Nikiforov E.G., Shpajxer A.O. 1980. Zakonomernosti formirovaniya krupnomasshtabny'x kolebanij i gidrologicheskogo rezhima Severnogo Ledovitogo okeana [Regularities of formation of large-scale fluctuations and hydrological regime of the Arctic Ocean]. L., *Gidrometeoizdat*, 270 s.
- Orlov A.M., Benzik A.N., Vedishcheva E.V., Gafitskij S.V., Gorbatenko K.M., Goryanina S.V., Zuba-revich 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. Rybohozyajstvennyye 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.
- Savel'eva N.I., Semiletov I.P., Pipko I.I. 2008. Vliyanie sinopticheskix processov i rechnogo stoka na termoxalinnuyu strukturu vod pribrezhnoj zony Vostochno-Sibirskogo morya [Influence of synoptic processes and river runoff on the thermohaline structure of waters in the coastal zone of the East Siberian Sea] // *Meteorologiya i gidrologiya*. № 4. S. 63–72.

FIGURE CAPTIONS

- Fig 1.** The route of RV “Professor Levanidov” and the position of trawl and oceanological stations and sampling sites of microplastics and aquaDNA in the East Siberian Sea in September 2019. (the dotted line shows the borders of the exclusive economic zone of Russia, the dashed line shows the North Wrangel License Area, and the bold line shows the oceanographic transect A-A1 on the pass from the shelf to continental slope).
- Fig. 2.** The average monthly distribution of surface atmospheric pressure anomalies, hPa (above) and air temperature, °C (bottom) in August (A) and September (B) 2019.
- Fig. 3.** Dynamics of atmospheric pressure hPa and air temperature °C (a), the direction and speed of the prevailing winds (б) and the recurrence of wind speed % (в) in the East Siberian Sea in August-September 2019.
- Fig. 4.** Distribution of water temperature, °C (top), salinity, ‰ (bottom) on the surface (a, в) and in the bottom layer (б, r) of the East Siberian Sea in August-September 2019.
- Fig. 5.** Distribution of temperature, °C (A), salinity, ‰ (B), silicon, μM (B), water oxygen saturation, % (Г), phosphates, μM (Д) and nitrates, μM (E) on the transect A-A1 in the East Siberian Sea in September 2019.
- Fig. 6.** Distribution of net plankton in the East Siberian Sea (mg/m³) in 200–0 (bottom — 0 m) layer: a) — phytoplankton, б) — small fraction, в) — medium fraction, r) — large fraction.
- Fig. 7.** Distribution of dominant zooplankton groups in the East Siberian Sea (mg/m³) in the 200–0 (bottom — 0 m) layer, September 2019: a) — copepods, б) — euphausiids, в) — hyperiids, r) — chaetognaths.
- Fig. 8.** Megabentos biomass (kg/mile) according to trawl catches in the East Siberian Sea, September 2019.
- Fig. 9.** The biomass of sea stars and brittle stars (kg/mile) in the East Siberian Sea, September 2019.
- Fig. 10.** Biomass of various decapod crustaceans (kg/mile) in the East Siberian Sea, September 2019.
- Fig. 11.** Roughness of the bottom of the East Siberian Sea at depths less than 100 m.
- Fig 12.** Distribution of polar cod densities in the East Siberian Sea, September, 2019: biomass, kg/km² (left) and abundance, ind./ km² (right).
- Fig. 13.** Feeding of polar cod of various size groups in the East Siberian Sea, September 2019 (the diameter of the circles corresponds to an average index of stomach fullness, the numbers indicate the size groups of polar cod).
- Fig. 14.** Occurrence of polar cod in the East Siberian Sea (top), sparse aggregations of polar cod in the northeastern part of the survey area (bottom).
- Fig. 15.** Echo recording of gas hydrates rising to the surface in the East Siberian Sea.

TABLE CAPTIONS

- Table 1.** The species composition of catches and size of individual fish species in the East Siberian Sea in August 2015 [Glebov et al., 2016] and in September 2019.