

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫСЛА ГОРБУШИ В РОССИЙСКИХ ВОДАХ БЕРИНГОВА И ОХОТСКОГО МОРЕЙ В 2024 Г. ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА ТРАЛОВЫХ СЪЕМОК МОЛОДИ НА НИС «ТИНРО» И «ПРОФЕССОР КАГАНОВСКИЙ» ОСЕНЬЮ 2023 Г.

А.А. Сомов, Е.А. Шевляков, А.Н. Старовойтов, В.А. Шевляков,
Н.А. Дедерер, И.В. Мельников*

Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. Учёт сеголеток горбуши в период осеннего нагула в море является важнейшим этапом прогнозирования возвратов, поскольку к этому времени их смертность уже менее вариабельна, чем в предшествующие критические периоды онтогенеза. Применяемая в последние годы методика проведения морских траловых съемок по учету сеголеток горбуши с использованием двух научно-исследовательских судов обеспечивает возможность охвата района работ в сжатые сроки, а также позволяет исключить повторные учеты рыбы на смежных галсах. В 2023 г. за счет качественного планирования экспедиций и эффективной работы (НИС «ТИНРО», «Профессор Кагановский») удалось оконтурить основные скопления горбуши в российской части Берингова и Охотского морей, что дало возможность получить репрезентативные данные о численности горбуши в период осеннего морского нагула, которые будут использоваться при прогнозировании объемов вылова горбуши в 2024 г. Кластерный анализ (метод ЕМ-кластеризации) скоплений молоди горбуши Охотского моря позволил выделить и оценить численность региональных группировок северного и южного комплексов в соотношении 60/40 % в пользу южной группировки. По результатам проведенных учетных траловых съемок осенью 2023 г. были получены оценки численности горбуши в Беринговом (330 млн экз.) и Охотском (1,4 млрд экз.) морях. По предварительным оценкам численность возврата в 2024 г. составит около 100 млн экз. в Беринговом и около 208 млн экз. в Охотском морях.

Ключевые слова: прогнозирование, кластеризация, вылов, подходы, лососевая путина, горбуша, траловые съемки, дифференциация, сеголетки, численность, температура

Для цитирования: Сомов А.А., Шевляков Е.А., Старовойтов А.Н., Шевляков В.А., Дедерер Н.А., Мельников И.В. Перспективы промысла горбуши в российских водах Берингова и Охотского морей в 2024 г. по результатам анализа траловых съемок молоди на НИС «ТИНРО» и «Профессор Кагановский» осенью 2023 г. // Бюл. изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО, 2024. — № 18. — С. 185–201. DOI: 10.26428/losos_bull18-2024-185-201. EDN: FZHGNO.

* Сомов Алексей Александрович, и.о. заведующего лабораторией, aleksey.somov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-8459-0498; Шевляков Евгений Александрович, кандидат биологических наук, начальник отдела, evgeniy.shevlyakov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-8556-6737; Старовойтов Александр Николаевич, кандидат биологических наук, главный специалист, aleksandr.starovoytov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-5617-776X; Шевляков Валерий Александрович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, valeriy.shevlyakov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-3753-4650; Дедерер Никита Александрович, специалист, nikita.dederer@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-3618-7706; Мельников Игорь Владимирович, кандидат биологических наук, заместитель руководителя, igor.melnikov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-2327-2979.

Prospects for the pink salmon fishery in the Russian waters of the Bering and Okhotsk Seas in 2024 based on the analysis of the juveniles trawl surveys aboard RV TINRO and RV Professor Kaganovsky in the fall of 2023

Aleksey A. Somov*, **Evgeny A. Shevlyakov****, **Alexander N. Starovoitov*****,
Valery A. Shevlyakov****, **Nikita A. Dederer*******, **Igor V. Melnikov*******

*—***** Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

* acting head of the laboratory, aleksey.somov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-8459-0498

** Ph.D., head of department, evgeniy.shevlyakov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-8556-6737

*** Ph.D., chief specialist, aleksandr.starovoytov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-5617-776X

**** Ph.D., leading researcher, valeriy.shevlyakov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-3753-4650

***** specialist, nikita.dederer@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-3618-7706

***** Ph.D., deputy head, igor.melnikov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-2327-2979

Abstract. Trawl surveys on juvenile pink salmon in fall season provide crucial information for forecasting their returns because of lower mortality of the juveniles in this season compared to their mortality during downstream migration in rivers or in the early marine period. Surveys by two research vessels give an opportunity to cover vast areas in a short time and to exclude repeated counts of actively migrating fish on adjacent transects. The surveys in the Bering and Okhotsk Seas in the fall of 2023 were well planned and done, so the main aggregations of pink salmon in the offshore areas were assessed, ensuring good reliability of the data on this species abundance used for forecasting pink salmon adults returns and catch. Two regional groupings of juvenile pink salmon in the Okhotsk Sea were differentiated in mixed catches using the EM clustering method; the ratio of the «northern» and «southern» groupings was 40:60%. The total counted abundance of juvenile pink salmon was $0.33 \cdot 10^9$ ind. in the Bering Sea and $1.40 \cdot 10^9$ ind. in the Okhotsk Sea that allowed to expect preliminary the returns of approximately $100 \cdot 10^6$ ind. to the Bering Sea rivers and $208 \cdot 10^6$ ind. to the Okhotsk Sea rivers in 2024.

Keywords: fishery forecasting, clustering, catch of fish, salmon returns, salmon fishery, pink salmon, trawl survey, differentiation, juvenile, fish abundance, water temperature

For citation: Somov A.A., Shevlyakov E.A., Starovoitov A.N., Shevlyakov V.A., Dederer N.A., Melnikov I.V. Prospects for the pink salmon fishery in the Russian waters of the Bering and Okhotsk Seas in 2024 based on analysis of the juveniles trawl survey aboard RV TINRO and RV Professor Kaganovsky in the fall of 2023, *Bulletin on the study of Pacific salmon in the Far East*, Vladivostok: TINRO, 2024, no. 18, pp. 185–201. (In Russ.). DOI: 10.26428/losos_bull18-2024-185-201. EDN: FZHGNO.

Введение

Горбуша является одним из главных объектов рыбной промышленности Дальнего Востока, обеспечивающих основу промысла лососевых рыб. Успешность лососевой путины во многом зависит от величины возврата производителей горбуши. Благодаря комплексному научному обеспечению путины на всех этапах жизненного цикла горбуши удастся хорошо или удовлетворительно предсказывать величины возвратов. Особое значение в комплексном мониторинге имеют морские траловые съемки молоди горбуши в двух основных бассейнах — Беринговом и Охотском морях. Поскольку на этапе морских миграций и освоения обширных морских пространств сеголетки горбуши уже преодолели периоды высокой и крайне изменчивой смертности в пресноводный и раннеморской периоды [Шунтов, Темных, 2010], их дальнейшая смертность не столь вариабельна. В связи с этим, а также благодаря короткому жизненному циклу горбуши, данные о численности молоди в открытом море позволяют достаточно хорошо предсказывать величину ее возврата на следующий год.

Мониторинговые работы по учёту молоди горбуши в период осеннего нагула проводятся с конца 1980-х гг. и фактически с самого начала учитывались при прогнозировании возвратов [Karpenko et al., 1998; Темных, 2001]. С начала 2000-х гг. такие работы осуществляются по стандартным схеме и срокам в Беринговом и Охотском морях [Шунтов, Темных, 2010], а с 2018 г. съемки проводятся двумя судами одновременно.

Использование двух судов позволяет охватывать районы работ в более сжатые сроки, чем при использовании одного судна, что дает возможность в Беринговом море учитывать откочевывающие

скопления горбуши до ее отхода из российской зоны и в Охотском море учитывать горбушу разных региональных стад до образования полностью смешанных скоплений.

В Беринговом море подавляющее большинство учитываемых особей горбуши происходят из рек Карагинского и Олюторского заливов, в Охотском море горбуша образует смешанные скопления различных региональных стад (западнокамчатского, континентального побережья, восточносахалинского, южных Курильских островов, о. Хоккайдо). Для оценки региональных возвратов проводится дифференциация горбуши по районам происхождения морфометрическими (ТИНРО) и генетическими (КамчатНИРО) методами.

Цель данной работы — оценить численность сеголеток горбуши в Беринговом и Охотском морях (с учетом соотношения региональных группировок) осенью 2023 г. и рассчитать ожидаемые величины возвратов и перспективы промысла горбуши на 2024 г.

Материалы и методы

Для оценки численности молоди горбуши в Беринговом и Охотском морях осенью 2023 г. использовали данные траловых уловов с борта двух научно-исследовательских судов — «ТИНРО» и «Профессор Кагановский». Съёмка в Беринговом море была выполнена в течение 13 сут, с 23.09 по 04.10.2023 г., двумя судами. Суммарно проведено 68 тралений (33 — НИС «ТИНРО», 35 — НИС «Профессор Кагановский») на акватории площадью 511 тыс. км². Работы на судах были начаты одновременно в районе к юго-западу от прол. Ближнего. Характер движения судов предполагал общее генерализованное направление параллельными галсами с юго-востока на северо-запад против миграционного потока лососей. НИС «Профессор Кагановский» двигался по внешнему контуру полигона работ, в то время как НИС «ТИНРО» охватил его центральную часть.

Съёмка в Охотском море была выполнена в течение 18 сут, с 07 по 24.10.2023 г., также двумя судами. Суммарно сделано 90 тралений (по 45 каждым НИС) на акватории площадью 814 тыс. км². Характер движения судов соответствовал направлению с юга на север и из удаленных районов по направлению к берегу против миграционного потока лососей. НИС «Профессор Кагановский» работал в восточной части моря, НИС «ТИНРО» — в западной.

Отсутствие существенных задержек из-за погодных условий и удачно спланированный маршрут движения судов позволили избежать значительных интервалов между разрезами на большей части района работ как в Беринговом, так и в Охотском море.

Траления выполняли с использованием разноглубинных канатных тралов РТ 80/396 м. Тралы были вооружены по 4-кабельной схеме и имели мелкочейную вставку (дель — 10 мм) в кутце. Длина кабелей тралов составляла 120 м. Верхняя подбора — щиток (лента брезентовая) шириной 60 см и длиной 8 м, оснащенный по верхнему краю кошельковыми наплавами (30 шт.). Нижняя подбора трала оборудована якорной цепью длиной 12 м и массой 200 кг. Применялись груза-углубители в виде набора из якорной цепи массой по 120 кг. В качестве распорных средств использовали прямоугольные щелевые доски «Юпитер-Полар» площадью 6 м². Скорость тралений во время съёмки составляла $4,5 \pm 0,3$ уз, а продолжительность тралений — 1 ч. Длина вытравленных ваеров изменялась от 250 до 300 м. Все траловые работы выполнялись круглосуточно. Контроль за ходом трала на обоих судах осуществлялся с помощью датчиков прибора Simrad FS 70. Данное гидроакустическое оборудование позволяло производить фактические измерения вертикального и горизонтального раскрытия устья трала, которые в дальнейшем были использованы для расчета численности горбуши. Среднее вертикальное раскрытие трала составило $26,9 \pm 3,6$ м, горизонтальное раскрытие — $44,2 \pm 2,8$ м.

Численность молоди горбуши оценивали площадным методом [Нектон..., 2006] с использованием коэффициента уловистости 0,4 и технических характеристик трала по следующей формуле:

$$N_{st} = \frac{n}{1,852 \cdot v \cdot t \cdot 0,001 \cdot a \cdot k},$$

где N_{st} — относительная численность горбуши на станции, экз./км²; n — количество рыб в улове; v — скорость траления, уз; t — продолжительность траления, ч; a — горизонтальное раскрытие устья тра-
ла, м; k — коэффициент уловистости.

Тотальную численность горбуши рассчитывали с учётом площади исследованной акватории, а именно многоугольника, соединяющего краевые станции с буфером 30 морских миль:

$$N_{tot} = \frac{\bar{N}_{st} \cdot S}{1\,000\,000},$$

где N_{tot} — тотальная численность горбуши на исследованной акватории, млн экз.; $\bar{N}_{st}$ — средняя арифметическая относительной численности по всем станциям, экз./км²; S — исследованная площадь, км².

Расчёт величины возврата проводили ориентируясь на соотношение оценок численности сеголеток в море и последующих возвратов горбуши за ряд лет предыдущих наблюдений: для Берингова моря за период 1989–1990 и 2002 гг. (съёмки КамчатНИРО) и 2003–2022 гг. (съёмки ТИНРО), для Охотского моря за период 2004–2022 гг. (съёмки ТИНРО).

Для Охотского моря ввиду наличия в уловах горбуши разных региональных группировок была проведена её дифференциация (северный комплекс — стада западной Камчатки и материкового побережья, южный комплекс — стада восточного Сахалина и южных Курильских островов) по данным индивидуальной массы самок с помощью алгоритма ЕМ-кластеризации [Шевляков и др., 2020] в среде R с использованием пакета *mclust* [Scrucca et al., 2016]. В отличие от предыдущих лет, когда кластеризация проводилась для всего массива данных [Сомов и др., 2023], в настоящей работе мы модифицировали метод кластеризации путем дискретного анализа выявленных скоплений, предположительно представляющих собой либо совокупности морфометрически однородных особей одного района происхождения, либо зоны смешения молоди из разных районов воспроизводства. Учитывая приуроченность миграции молоди к крупным элементам циркуляции вод в Охотском море, её пространственное распределение и протяженность маршрута, предположили, что молодь на более поздних стадиях откочевки от берегов в открытые воды, достигая зон смешения, будет отличаться относительно более крупными размерами от молоди этих же районов происхождения, но нагуливавшихся в открытых водах меньшее количество времени. Для каждой группы тралений кластеризацию проводили отдельно, в последующем суммируя результаты для крупных региональных комплексов.

Расчёт площадей и построение карт распределения всех показателей проводились в программной среде QGIS.

Источники данных температуры поверхности моря:

- данные собраны гидрологической научной группой на каждой станции с помощью комплекса Sea Bird Electronics model 911 plus, Carousel Deck Unit model 33, USA; данный массив использован для анализа приуроченности уловов сеголеток горбуши к определенным диапазонам температуры;
- сайт Национального управления океаническими и атмосферными исследованиями (National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), ncdc.noaa.gov); данный массив использован для анализа термической ситуации в западной части Берингова моря как в границах съёмки, так и за ее пределами;
- сайт Японского метеорологического агентства (Japan Meteorological Agency NEAR-GOOS RRTDB, ds.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/database.html); данный массив использован для анализа термической ситуации в Охотском море как в границах съёмки, так и за ее пределами.

Результаты и их обсуждение

Берингово море

На большей части акватории съёмки временной интервал между двумя соседними разрезами составлял от нуля до двух суток и лишь между первым и вторым разрезами НИС «ТИНРО» 7 сут

(рис. 1). Поскольку уловы на трех удаленных разрезах в юго-восточной части съемки не были результативными (рис. 2), то данной разницей можно пренебречь. Основная часть скоплений была учтена и оконтурена всего за 9 сут.

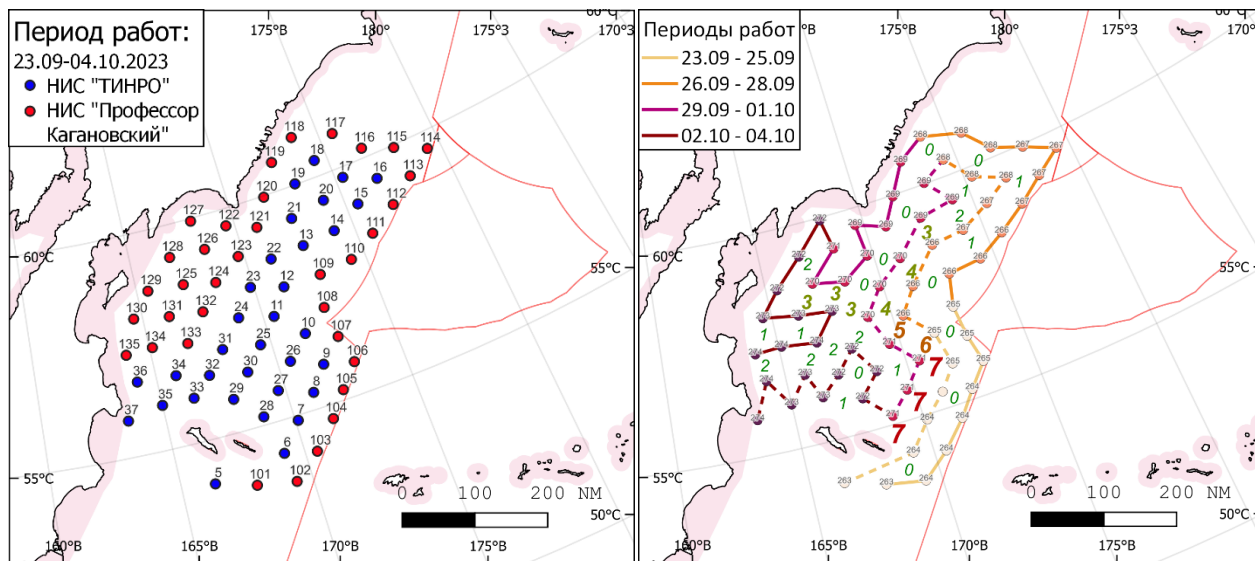


Рис. 1. Карта-схема тралений (слева) и разбивка работ по временным отрезкам (справа) в Беринговом море. Цифрами между разрезами указана разница в днях. Здесь и далее розовым цветом вдоль побережий указана 12-мильная зона территориальных вод РФ

Fig. 1. Scheme of trawl survey in the Bering Sea (left panel) and schedule of the vessels routes (right panel). Numbers between the transects indicate time intervals in days. Hereinafter: pink colored shading along coasts indicate the territorial sea of Russia (12-mile zone)

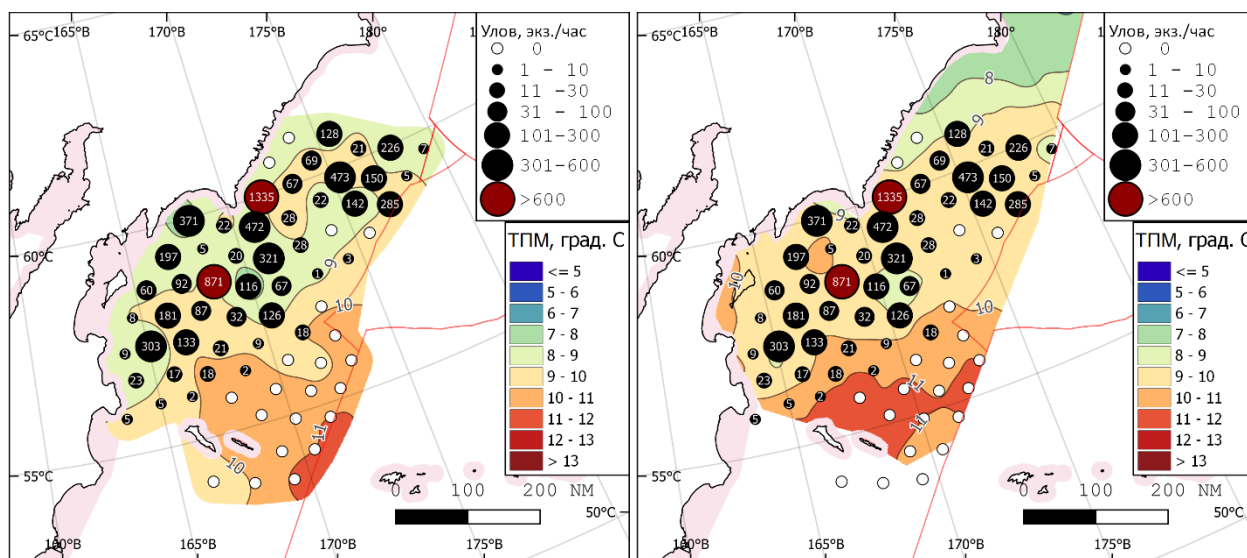


Рис. 2. Карта-схема уловов сеголеток горбуши в западной части Берингова моря на фоне температуры поверхности моря (ТПМ) по рейсовым (слева) и модельным данным о ТПМ на 28.09.2023 г. (Optimal Interpolation Sea Surface Temperature (OISSTv2.1) [https://doi.org/https://doi.org/10.25921/RE9P-PT57, 2020]) (справа)

Fig. 2. Catches of pink salmon juveniles in the western Bering Sea on the background of sea surface temperature observed in the survey (left panel) and modeled for September 28, 2023 using the on-line reanalysis OISSTv2.1 (Optimal Interpolation Sea Surface Temperature (OISSTv2.1) [https://doi.org/https://doi.org/10.25921/RE9P-PT57, 2020]) (right panel)

Пространственное распределение уловов сеголеток горбуши в 2023 г. было характерным для поколений чётных лет: ограниченное распространение на юго-восток и восток, уловы отмечались не далее 150–200 миль от берега, растянутость скоплений параллельно береговой линии. Такой характер

распределения уловов (рис. 2), а также распределение средней массы особей, несомненно, указывают на происхождение обловленных особей — реки Карагинского залива — и их миграцию из залива в восточном и северо-восточном направлениях. При этом невысокие уловы у Карагинского залива свидетельствуют, что молодь горбуши в основной своей массе покинула прибрежные воды.

При рассмотрении пространственного распределения относительной численности сеголеток заметно отчетливое разделение на два скопления с границей к северо-западу от мыса Олюторского (рис. 3). Вероятно, что при быстром покрытии полигона работ станциями без существенных задержек удалось зафиксировать первую волну раннеоткочевывающей молоди, размеры тела которой (более 80 г) превышали таковые у сеголеток в Командорской котловине (50–70 г) (рис. 3). При этом стоит отметить, что в сравнении с предыдущими годами средние размеры тела сеголеток горбуши существенно уменьшились (рис. 4), особенно в 2017–2023 гг., что может являться как результатом откочевки более крупной молоди в глубоководные районы в более ранние сроки, так и влиянием значительно меньшей продолжительности съемок в 2018–2023 гг. и соответствующим сокращением периода наблюдений.

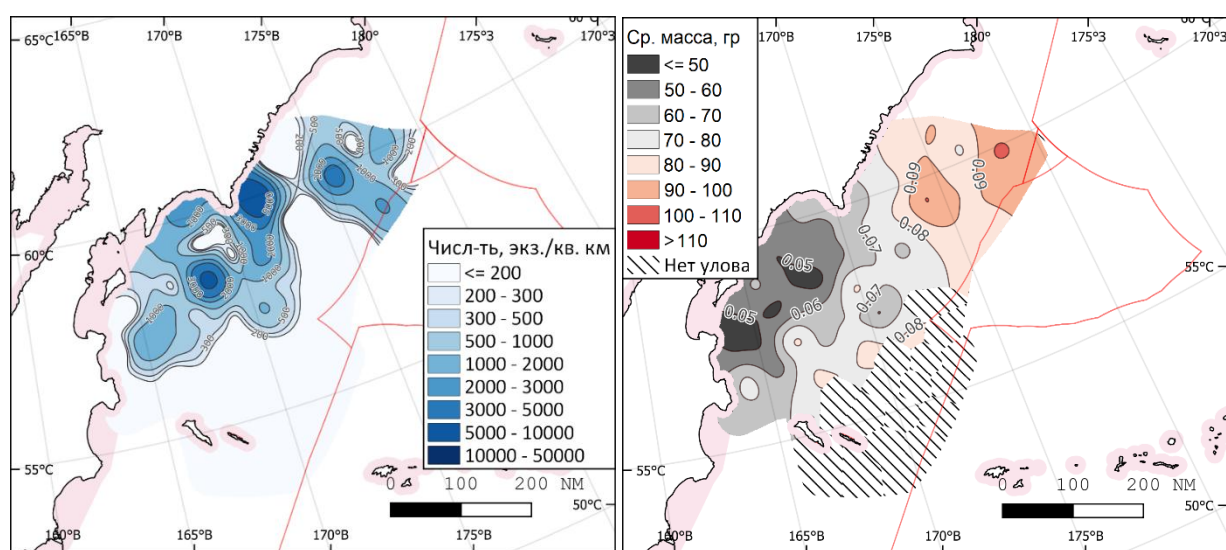


Рис. 3. Пространственное распределение относительной численности, экз./км² (слева), и средней массы особей, г (справа), сеголеток горбуши осенью 2023 г.

Fig. 3. Distribution density, ind./km² (left panel) and average weight of individuals, kg (right panel) of pink salmon juveniles in the Bering Sea in fall 2023

Большинство значимых уловов сеголеток горбуши было отмечено в диапазоне температур 8–9 °С (рис. 5), как и в предыдущие годы исследований. Распределение уловов в 2023 г. напоминает ситуацию 2021 г. [Старовойтов и др., 2022], когда основные скопления сеголеток были вытянуты вдоль берега и ограниченно распространены на юго-восток и восток, поскольку с севера уже отмечались процессы осеннего охлаждения, а южнее температура воды была относительно высокой. Северная граница распространения сеголеток в 2021 г. находилась на той же широте, что и наиболее северные станции в 2023 г. Помимо этого, снижение температуры поверхности моря к северу от полигона работ в 2023 г. позволяет предположить, что неучтенной съемкой осталась небольшая часть всех скоплений сеголеток горбуши.

Стоит отметить, что уровень ТПМ в сентябре в последние годы в глубоководных котловинах западной части Берингова моря увеличился (см. рис. 4) и с 2017 г. стабильно выше среднееголетных значений, за исключением 2020 г. При этом в сентябре на севере — в Анадырском заливе — уже активно начинаются процессы осеннего выхолаживания. В результате в глубоководных котловинах формируется относительно ограниченная зона оптимальной ТПМ для сеголеток горбуши. В годы урожайных поколений (четные годы учёта) сеголетки горбуши за счёт плотностного фактора распро-

страняются на более обширные акватории, в меньшей степени приурочены к диапазону оптимальных температур и чаще учитываются и за его пределами. В годы низкой численности (чаще нечетные годы учета) плотностной фактор оказывает меньшее влияние, за счёт чего концентрации сеголеток горбуши более приурочены к оптимальной ТПМ, что отчетливо видно в 2021 и 2023 гг. (см. рис. 5).

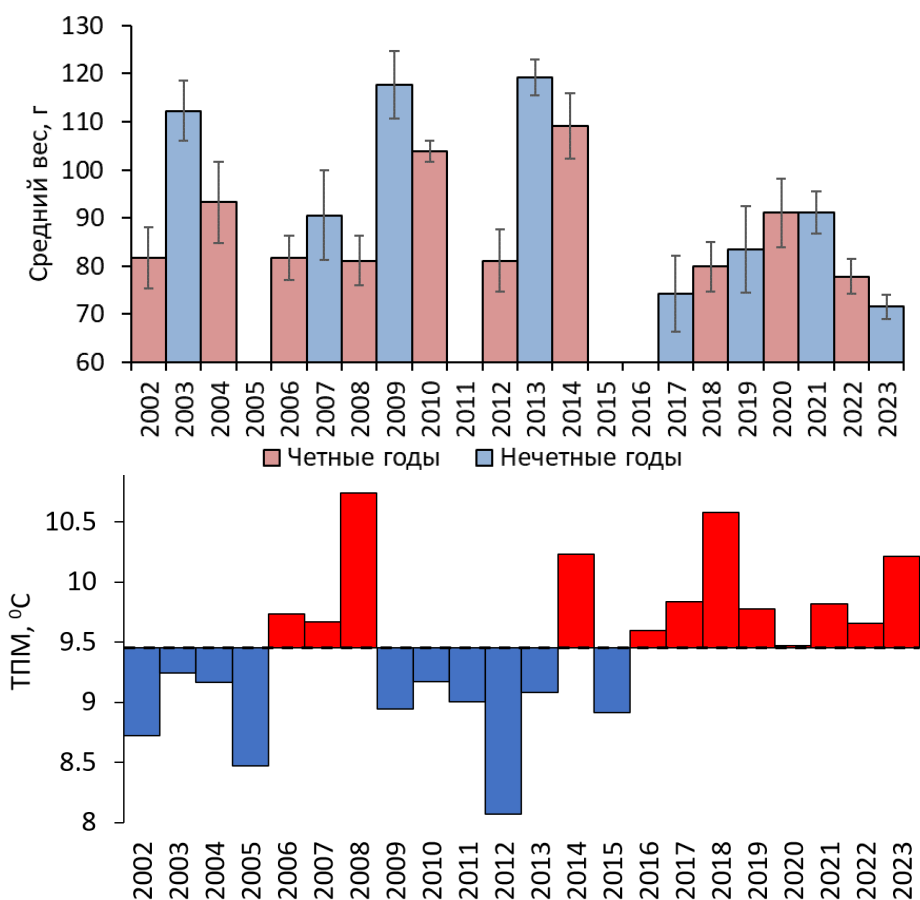


Рис. 4. Межгодовая динамика средней массы тела сеголеток горбуши (**сверху**), средней ТПМ в сентябре (**снизу**) в Беринговом море

Fig. 4. Interannual dynamics of average body weight (g) for juvenile pink salmon (**top panel**) and average SST in September (**bottom panel**) in the Bering Sea

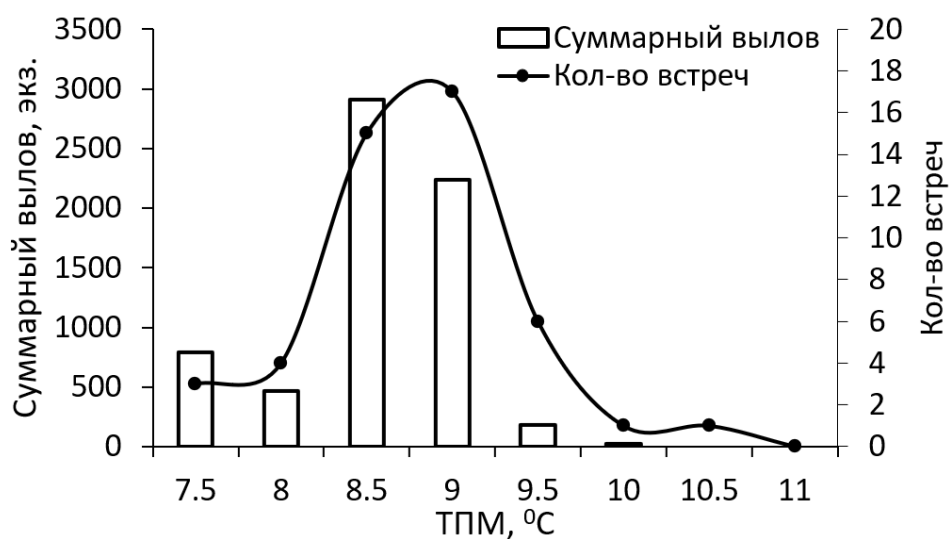


Рис. 5. Количество выловленных особей и количество результативных уловов сеголеток горбуши в Беринговом море в 2023 г. в зависимости от ТПМ

Fig. 5. Number of individuals caught (**bars**) and number of successful catches (**lines**) for pink salmon juveniles in the Bering Sea in 2023 in relation to SST

Общая учтенная численность сеголеток горбуши в западной части Берингова моря в 2023 г. составила 330 млн экз. Данная оценка численности четного поколения горбуши восточной Камчатки почти вдвое превышает средние оценки для поколений четных лет (рис. 6).

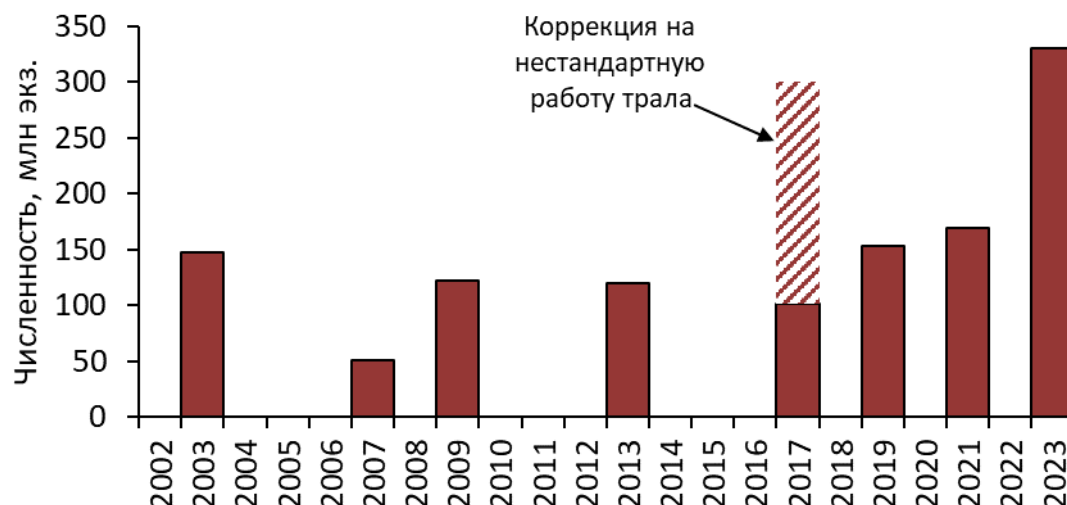


Рис. 6. Межгодовая динамика учтенной численности сеголеток горбуши в Беринговом море в нечетные годы (чётное поколение)

Fig. 6. Interannual dynamics of counted pink salmon juveniles abundance in the Bering Sea in odd-numbered years (for year-classes of even years)

Согласно регрессионной модели «численность сеголеток в море — возврат», описывающей весь доступный ряд данных, подходы горбуши в 2024 г. ожидаются на уровне 76 ± 15 млн экз. (рис. 7). При этом привлекает внимание то, что величины возврата в 2019–2023 гг. превышали ожидаемые значения на основе всех учетов на 30–50 % (рис. 7, слева), что, вероятно, связано с внедрением в практику быстрой съемки двумя судами. Если рассматривать только ряд данных за 2018–2022 гг. проведения съемок, то ожидаемый возврат на 2024 г. составляет 100 ± 19 млн экз. Уровень пропуска для поколения данной линии в последние годы (2018 и 2022 гг.) составлял около 40 млн экз., а средняя навеска — 1,3 кг. Таким образом, ожидаемый вылов составит около 78 ± 25 тыс. т.

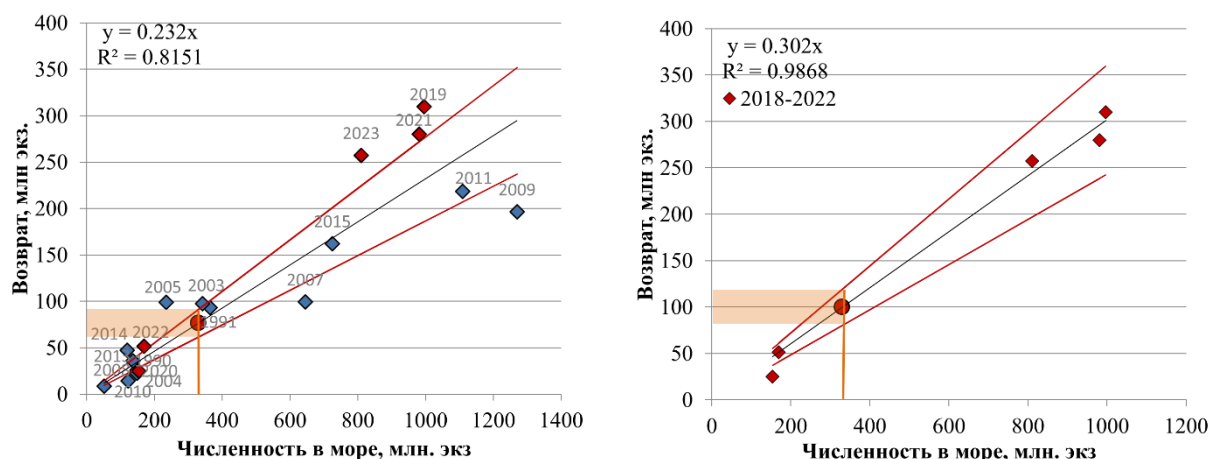


Рис. 7. Зависимость подходов горбуши от результатов учетной осенней траловой съемки сеголеток в Беринговом море: **слева** — по всему ряду наблюдений, **справа** — ряд лет с одновременным использованием двух судов (2018–2022 гг.). Цифрами обозначены годы возврата; красными линиями — 25 %-ные отклонения от линии регрессии; красным кружком — фактическая учтенная численность в 2023 г.; затененная оранжевым цветом область — диапазон численности предполагаемого возврата

Fig. 7. Pink salmon returns to the Bering Sea rivers in dependence on the juveniles abundance in fall of preceding years: **left** — for all fall surveys, **right** — for the fall surveys by two vessels (2018–2022). Numbers indicate the years of returns; red lines – 25% deviations from the regression line; red circle shows the actual estimated abundance in 2023; orange shaded area – the range of estimated return abundance

Охотское море

В среднем временной интервал между галсами не превышал 4 сут, лишь на этапах завершения съемки интервал превысил 10 сут (рис. 8).

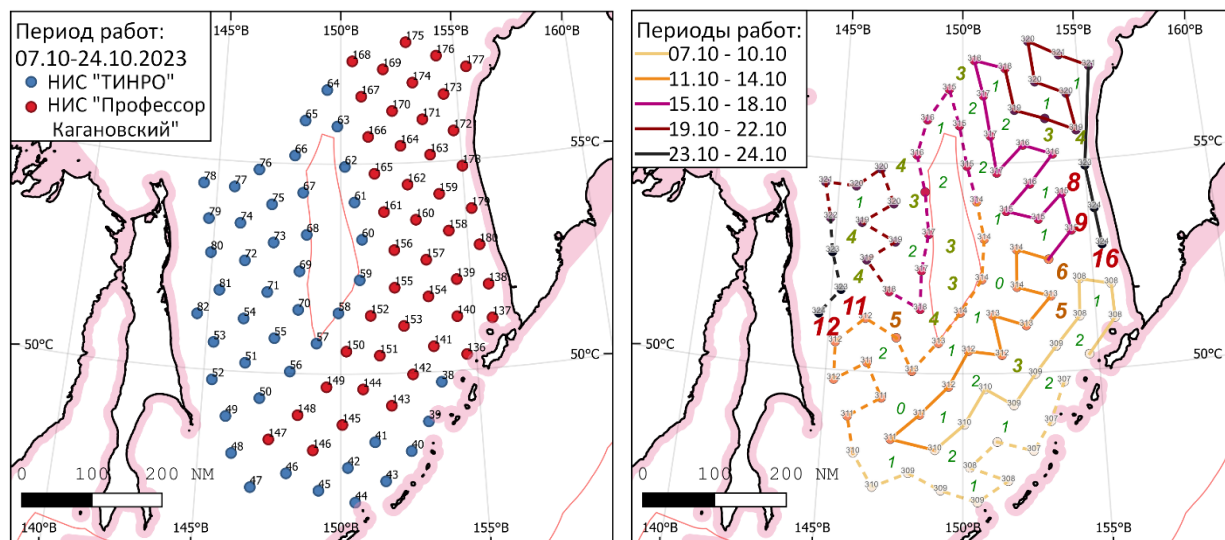


Рис. 8. Карта-схема тралений (слева) и разбивка работ по временным отрезкам (справа) в Охотском море. Цифрами между разрезами указана разница в днях

Fig. 8. Scheme of trawl survey in the Okhotsk Sea (left panel) and schedule of the vessels' routes (right panel). Numbers between the transects indicate time intervals in days

Уловы НИС «Профессор Кагановский» в прибрежной части п-ова Камчатка были низкими, что означает массовую откочёвку молоди в более отдаленные морские районы, где уловы были существенно выше, достигая максимальных значений (до 2042 экз./час) у юго-восточной границы центрального анклава (рис. 9). При продвижении судна галсами на север уловы постепенно снижались (рис. 9). Схожая картина распределения уловов наблюдалась и при работе НИС «ТИНРО» — наибольшие уловы у центрального анклава, однако в северной части полигона исследований НИС «ТИНРО» уловы оставались высокими, как и на прибрежных станциях (рис. 9). Значительное снижение ТПМ за пределами северной части полигона работ (рис. 9 и 10) предполагает отсутствие значимых концентраций сеголеток горбуши вне охваченной съемкой акватории.

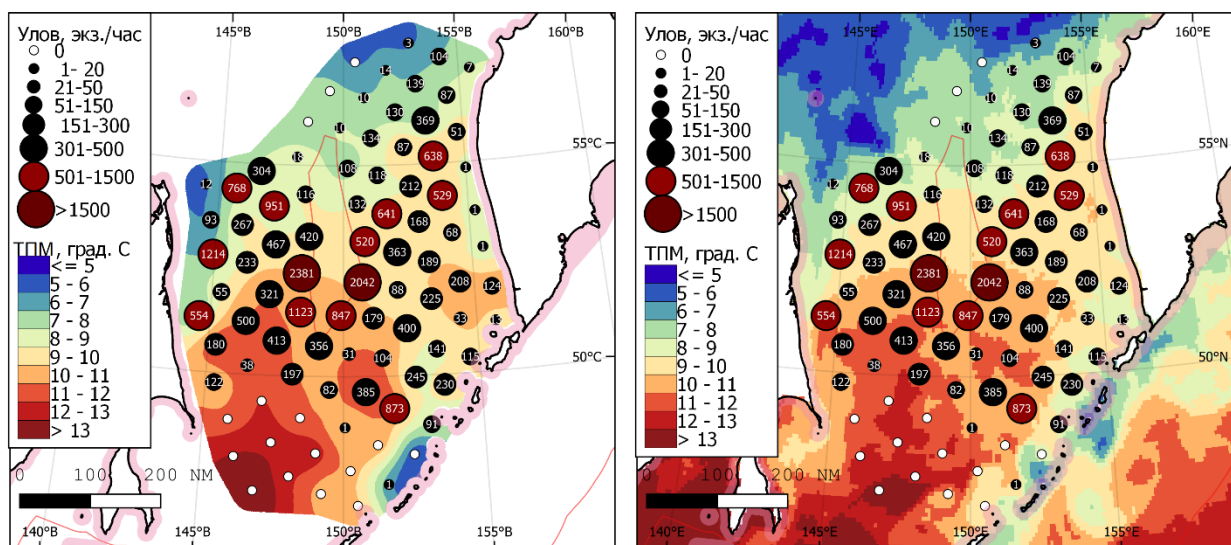


Рис. 9. Карта-схема уловов сеголеток горбуши в Охотском море на фоне температуры поверхности моря по рейсовым (слева) и модельным данным о ТПМ на 28.09.2023 г. (Japan Meteorological Agency NEAR-GOOS RRTDB) (справа)

Fig. 9. Catches of pink salmon juveniles in the Okhotsk Sea on the background of sea surface temperature observed in the survey (left panel) and provided on September 28, 2023 by NEAR-GOOS real-time data base of Japan Meteorological Agency (right panel)

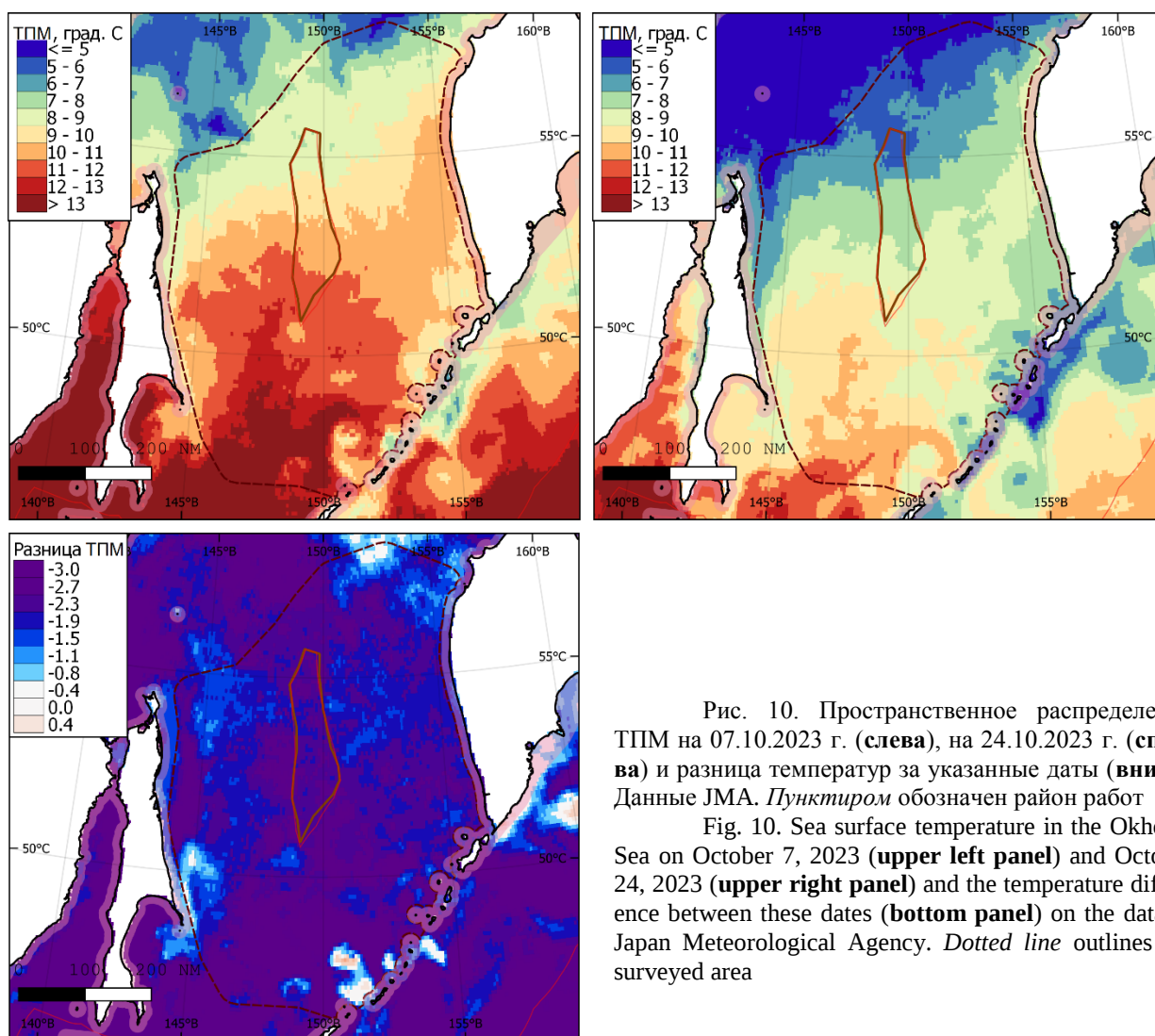


Рис. 10. Пространственное распределение ТПМ на 07.10.2023 г. (слева), на 24.10.2023 г. (справа) и разница температур за указанные даты (внизу). Данные JMA. Пунктиром обозначен район работ

Fig. 10. Sea surface temperature in the Okhotsk Sea on October 7, 2023 (upper left panel) and October 24, 2023 (upper right panel) and the temperature difference between these dates (bottom panel) on the data of Japan Meteorological Agency. Dotted line outlines the surveyed area

Распределение ТПМ в Охотском море к началу работ в 2023 г. характеризовалось постепенным увеличением температуры по направлению с северной части моря на юг, при этом на севере моря изотермы располагались параллельно конфигурации материкового побережья Охотского моря (рис. 10). В южной части моря конфигурация изотерм была изменена значительным влиянием притока теплой воды со стороны южных Курильских островов и прол. Лаперуза (рис. 10). За период работ в Охотском море отмечались активные процессы осеннего выхолаживания, и за 18 сут съемки температура воды на большей части акватории снизилась на 2,5–3,0 °C, а смещение изотерм на юг составило около 150–200 миль (рис. 10).

Сеголетки горбуши встречались в уловах при температуре поверхности от 5,9 до 12,0 °C, при этом основные уловы отмечались в температурном диапазоне 9–10 °C (рис. 11). Для сравнения, в 2022 г. наибольшее количество особей отмечалось при температуре 7–9 °C [Сомов и др., 2023], а в 2021 г. — 8–10 °C [Старовойтов и др., 2022].

Распределение размерно-массовых показателей сеголеток горбуши (рис. 12) указывает на некоторую пространственную разнокачественность. Например, скопления в северо-восточной части района работ имели низкие показатели средней длины (< 23 см), массы тела (< 120 г), а также показатели упитанности (по Фультону) (< 1,00). В центральной части моря отмечались особи с более высокими показателями средней длины (> 24 см) и массы тела (> 140 г), а также умеренным показателем упитанности (1,00–1,05). В западной части района работ, у восточного и северо-восточного Сахалина, наблюдались сеголетки с относительно низкими показателями длины (22,0–23,5 см) и массы тела (120–140 г), но довольно высокими показателями упитанности (> 1,05) (рис. 12).

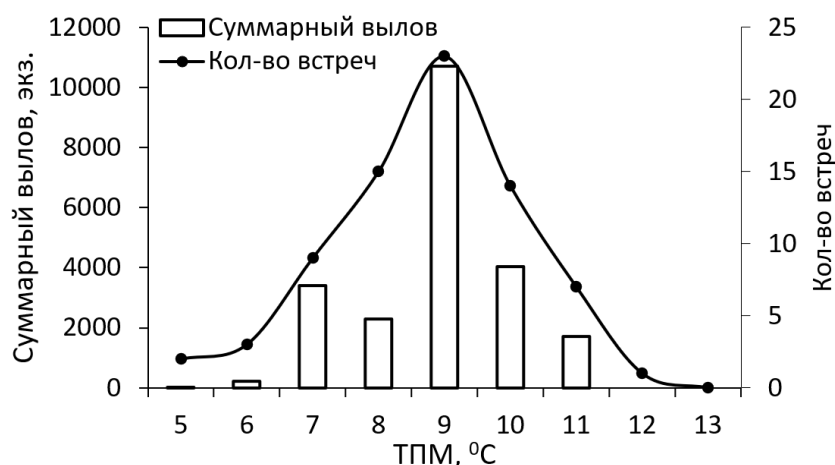


Рис. 11. Количество выловленных особей и количество результативных уловов сеголеток горбуши в Охотском море в 2023 г. в зависимости от ТПМ

Fig. 11. Number of individuals caught (*bars*) and number of successful catches (*lines*) for pink salmon juveniles in the Okhotsk Sea in 2023 in relation to SST

По результатам ЕМ-кластеризации (рис. 13) в группах тралений 2–5 преобладали более мелкие самки средней массой тела 90–120 г при общей тенденции на увеличение этого показателя при продвижении против часовой стрелки. Доля мелкоразмерных рыб в этих группах тралений составляла 75–95 %. Мы относим эту мелкоразмерную молодь к северным стадам.

В группах тралений 1 и 6–8 в уловах преобладали более крупные самки со средней массой тела 133–156 г. Доля крупноразмерных самок в уловах указанных групп тралений составляла 78–96 %. Мы относим данную крупноразмерную молодь к южной группировке. Поскольку метод ЕМ-кластеризации позволяет каждую проанализированную особь ассоциировать с конкретным кластером, это даёт возможность оценки пространственного распределения выделенных региональных комплексов (рис. 14).

Таким образом, сеголетки горбуши северных стад были распределены преимущественно в северной, северо-западной и западной частях района работ. Такое распределение в совокупности с трендом на увеличение средней массы в западном направлении указывает на генерализованное направление миграции против часовой стрелки. Сеголетки горбуши южных стад были преимущественно распределены в центральной и юго-восточной частях моря. При этом в центральной и северо-западной частях района работ отмечена высокая степень смешения скоплений (рис. 14).

Общая численность сеголеток горбуши в Охотском море осенью 2023 г. оценена в 1430 млн экз., и это второй по величине показатель после 2017 г. (2700 млн экз.) для поколения четных лет (учёт сеголеток в нечётные годы) (рис. 15).

Соотношение численности выделенных региональных группировок составило 40/60 в пользу южной группировки (соответственно 580 и 900 млн экз.). Судя по данным вылова родительского поколения горбуши по регионам Охотского моря в 2022 г. (рис. 15) доля южного комплекса (восточный Сахалин + южные Курильские острова) составила 54 %, а северного комплекса (западная Камчатка + материковое побережье Охотского моря) — 46 %, что в целом соответствует вкладу региональных комплексов, оцененному по итогам настоящей съемки и дальнейшего анализа.

Стоит отметить, что снижающийся уровень вылова горбуши на западной Камчатке для чётной линии наблюдается с 2018 г., когда был зафиксирован рекордный вылов [Шунтов, Темных, 2018], при этом наблюдается существенное увеличение вылова в Хабаровском крае (17 тыс. т в 2022 г.). Информация о величине ската молоди из рек Охотского моря в 2023 г. (по устным сообщениям сотрудников дальневосточных филиалов ВНИРО) указывает на низкий относительно прежних нечетных лет уровень ската на западной Камчатке, повышенный на восточном Сахалине и южных Курильских островах и высокий в Хабаровском крае.

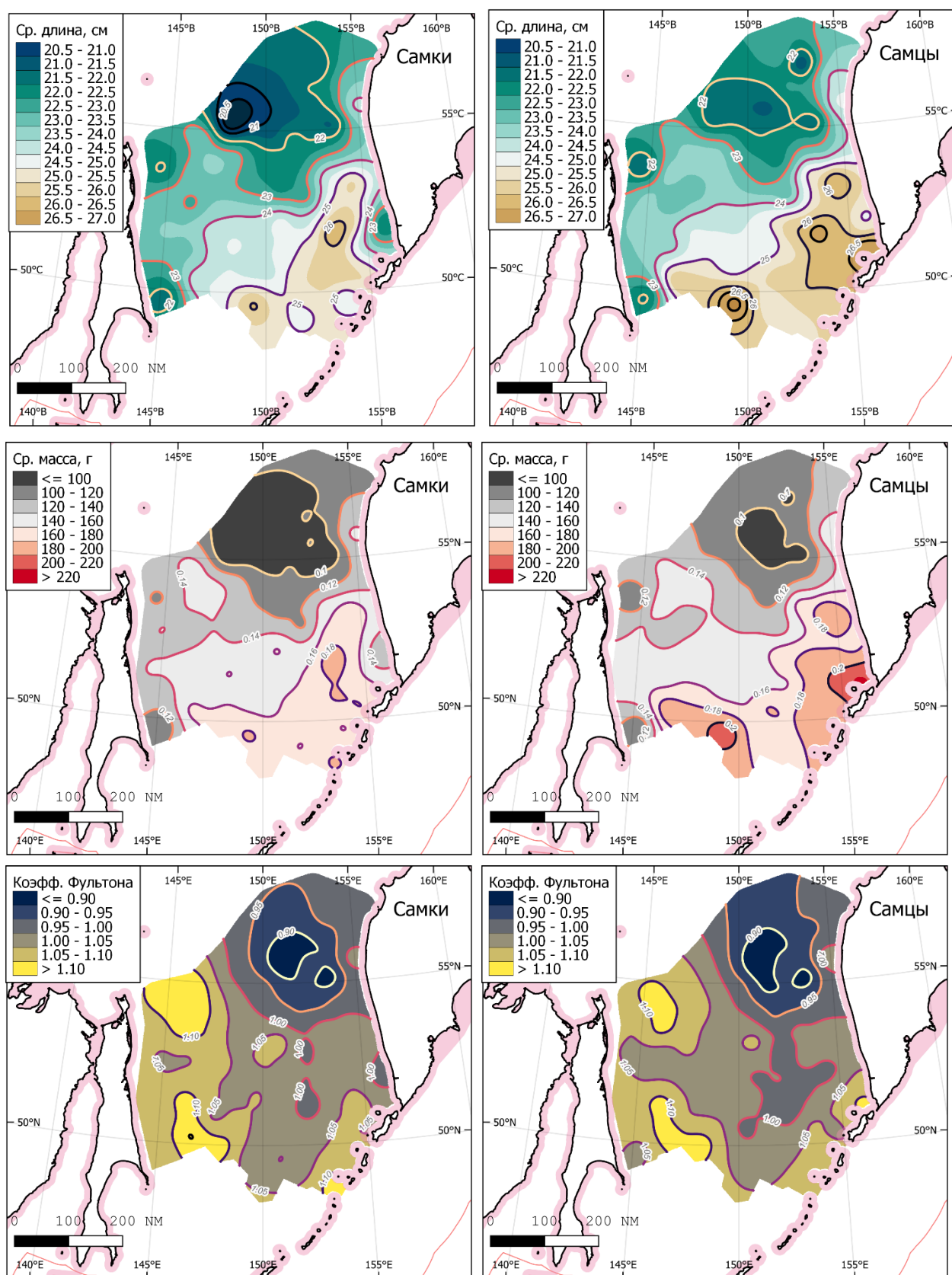


Рис. 12. Пространственное распределение средней длины (верхний ряд), средней массы тела (средний ряд) и показателя упитанности по Фультону (нижний ряд) сеголеток горбуши: слева — самки, справа — самцы
 Fig. 12. Average length (top row), average body weight (middle row), and Fulton condition factor (bottom row) for juvenile pink salmon: left panels — females, right panels — males

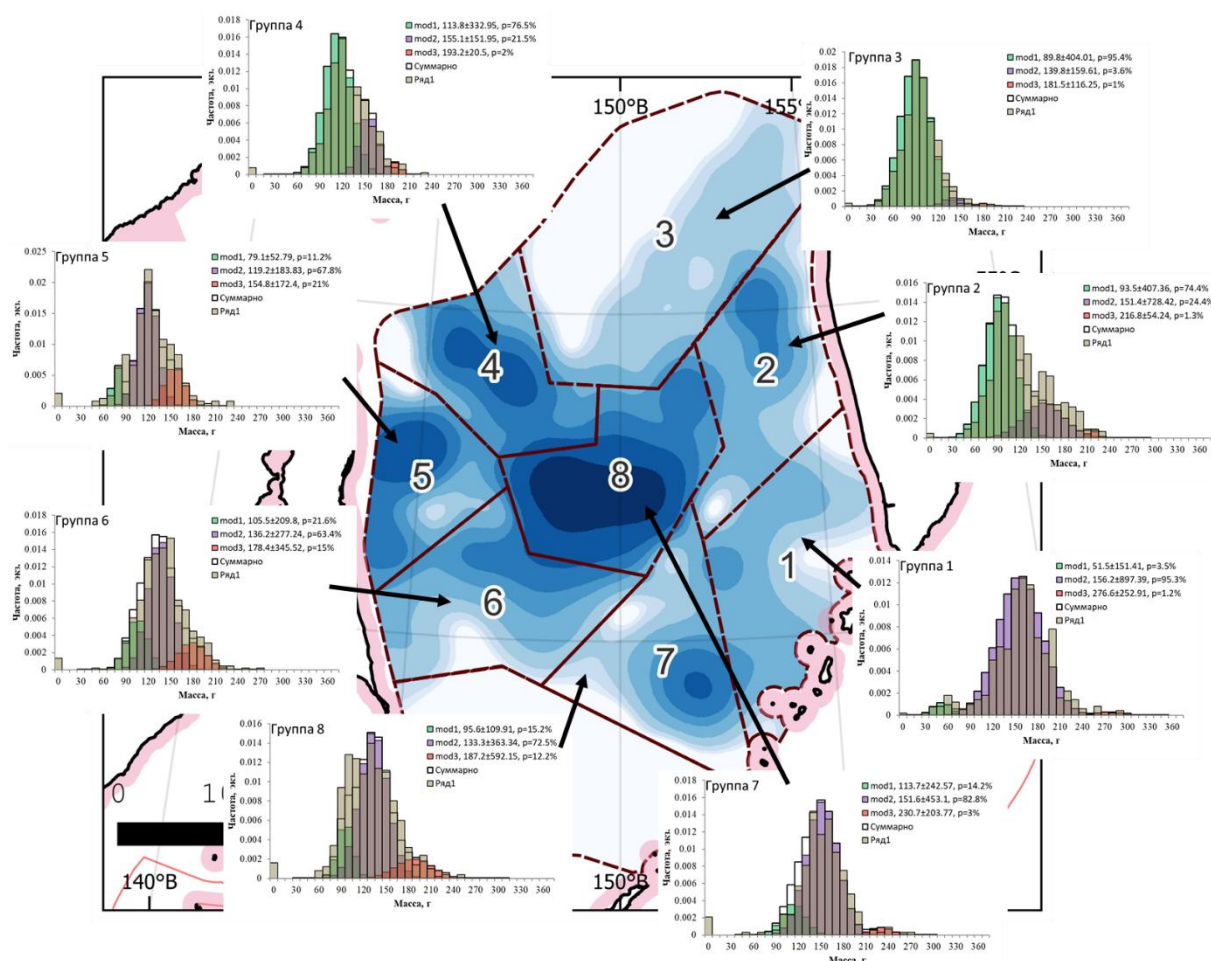


Рис. 13. ЕМ-кластеризация смешанных скоплений сеголеток горбуши в различных областях района работ. Кластеризация проведена по массе самок (без внутренностей)

Fig. 13. Results of EM clustering of mixed aggregations of pink salmon juveniles in certain areas of the survey by individual weight of females (without entrails)

Таким образом, учитывая соотношение оценок численности сеголеток горбуши вышеуказанных региональных комплексов, величину вылова по регионам Охотского моря в 2022 г. и устные сообщения о величине ската молоди в 2023 г., мы предполагаем, что в структуре вылова горбуши охотоморского бассейна в 2024 г. будут преобладать рыбы южных регионов. Дальнейшая работа по проведению региональной дифференциации генетическими методами позволит более предметно судить о перспективах подхода горбуши разных региональных комплексов Охотского моря.

Отметим, что предлагаемое разделение численности смешанных скоплений на региональные группировки весьма условно и субъективно. По результатам прошлогодней съемки (2022 г.) соотношение сезонных региональных группировок по результатам ЕМ-кластеризации было оценено как 50/50 [Сомов и др., 2023], однако фактические данные указывают на преобладание в подходах 2023 г. западнокамчатской горбуши (более 80 %) [Шевляков и др., наст. бюл.]. Очевидно, что степень смешения региональных группировок в уловах была существенно выше, чем мы предполагали, особенно в центральной части моря, где, вероятно, подросшая камчатская горбуша ранней волны миграции была отнесена к южному комплексу.

При анализе данных 2022 г. в отличие от данных текущего года ЕМ-кластеризацию проводили для всего массива данных, без разбивки по группам тралений, что очевидно привело к некорректным результатам, поскольку средние размеры сеголеток горбуши за период проведения работ (18 сут) существенно изменились. Применение метода ЕМ-кластеризации для данных 2022 г. дифференцировано по зонам повышенной концентрации сеголеток (по аналогии с анализом текущего года, см. рис. 13) при ретроспективном анализе траловой съемки 2022 г. показало увеличение доли западнокамчатской горбуши с 50 до 65 %.

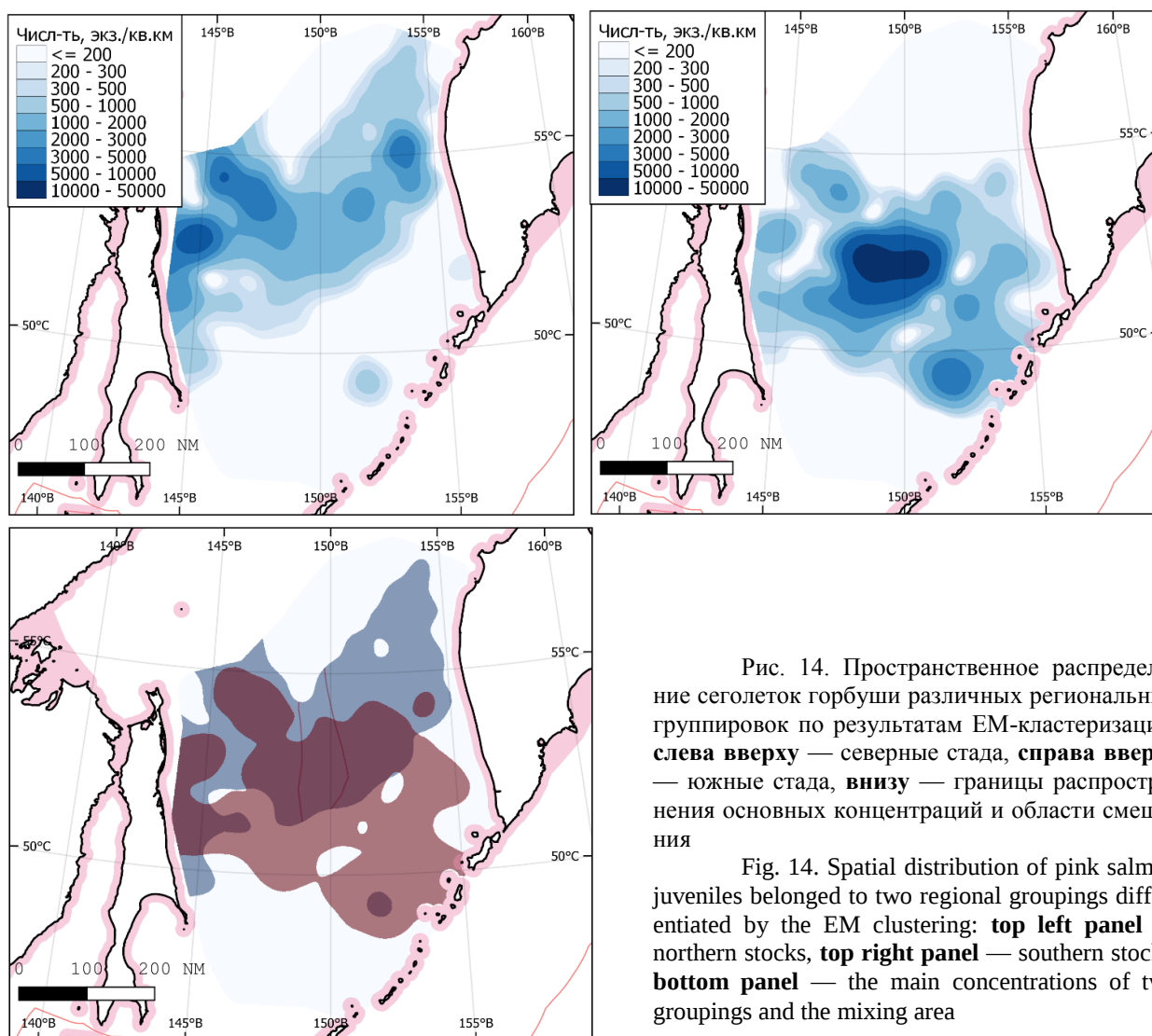


Рис. 14. Пространственное распределение сеголеток горбуши различных региональных группировок по результатам ЕМ-кластеризации: **слева вверху** — северные стада, **справа вверху** — южные стада, **внизу** — границы распространения основных концентраций и области смешения

Fig. 14. Spatial distribution of pink salmon juveniles belonged to two regional groupings differentiated by the EM clustering: **top left panel** — northern stocks, **top right panel** — southern stocks, **bottom panel** — the main concentrations of two groupings and the mixing area

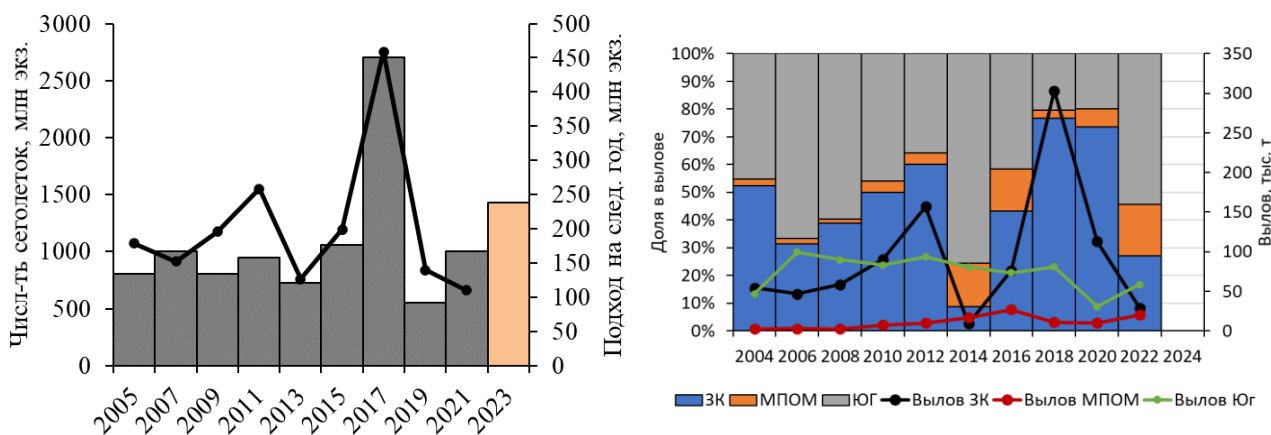


Рис. 15. Динамика численности сеголеток в Охотском море (*столбцы*) и их последующие возвраты для чётной линии лет (*линия*) (**слева**) и динамика вылова горбуши по крупным региональным группам и их соотношение (**справа**): *ЗК* — западная Камчатка, *МПОМ* — материковое побережье Охотского моря, *ЮГ* — восточный Сахалин и южные Курильские острова

Fig. 15. Dynamics of juvenile pink salmon abundance (*bars*) in the Okhotsk Sea and their returns for even-numbered years (*line*) (**left panel**) and dynamics of pink salmon landing by major regional groups and their ratio (**right panel**): *ЗК* — West Kamchatka, *МПОМ* — continental coast of the Okhotsk Sea, *ЮГ* — East Sakhalin and southern Kurile Islands

При уровне численности 1430 млн экз. ожидаемая величина возврата горбуши в охотоморский бассейн в 2024 г., полученная на основе регрессионной модели «численность сеголеток в море — возврат» по общему ряду наблюдений с 2004 г. (рис. 16, слева), составляет $250,0 \pm 65,2$ млн экз. Отметим, что в последние годы прогнозная величина по данной регрессии систематически превышала реальные величины подходов, по всей видимости, вследствие внедрения в практику компактной съемки двумя судами. Учитывая, что ряд наблюдений по новой методике составляет уже пять лет, была построена регрессионная модель «численность сеголеток в море — возврат» только по данным съемок с 2018 г. (рис. 16, справа). По данной модели наиболее вероятный возврат горбуши в Охотское море в 2024 г. составит 208 ± 52 млн экз. С учетом возможного пропуска производителей в реки в количестве до 50 млн особей и средней навески 1,3 кг общий ожидаемый вылов горбуши в бассейне Охотского моря в 2024 г. может составить 203 ± 73 тыс. т.

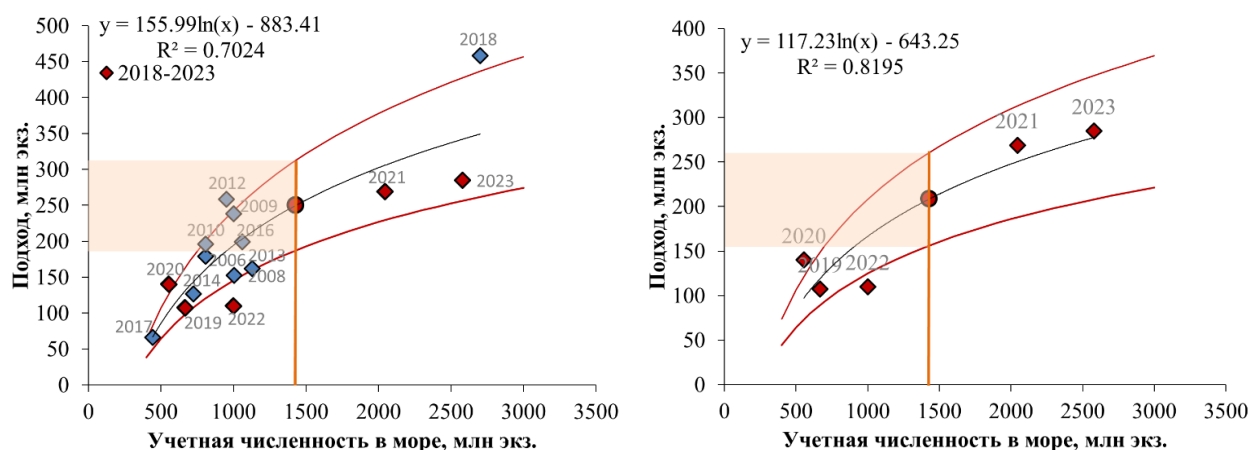


Рис. 16. Зависимость подходов горбуши от результатов учетной осенней съемки сеголеток в Охотском море: **слева** — по всему ряду наблюдений, **справа** — ряд лет с одновременным использованием двух судов (2018–2022 гг.). Цифрами обозначены годы возврата; красными линиями — 25 %-ные отклонения от линии регрессии; красным кружком — фактическая учетная численность в 2023 г.; затененная оранжевым цветом область — диапазон численности предполагаемого возврата

Fig. 16. Pink salmon returns to the Okhotsk Sea rivers in dependence on the juveniles abundance in fall of preceding years: **left** — for all fall surveys, **right** — for the fall surveys by two vessels (2018–2022). Numbers indicate the years of returns; red lines – 25% deviations from the regression line; red circle shows the actual estimated abundance in 2023; orange shaded area – the range of estimated return abundance

Заключение

Морские осенние траловые съемки, проведенные ТИНРО в 2023 г., позволили оценить численность сеголеток горбуши в Беринговом море на уровне 330 млн экз., что является рекордной величиной для нечетных лет наблюдений. Данная оценка численности подразумевает возврат горбуши в Карагинский залив в 2024 г. на уровне 100 млн экз. и вылов на уровне около 100 тыс. т. В Охотском море численность сеголеток оценена в 1,4 млрд экз. — четвертый результат за все время наблюдений и второй по четным поколениям. Такая величина предполагает общий возврат в бассейн в 2024 г. на уровне около 208 млн экз. и вылов около 200 тыс. т.

Соотношение численности региональных группировок по результатам ЕМ-кластеризации составило 60/40 % в пользу южных (сахалино-курильских) стад. Исходя из распределения учетной молоди горбуши по сезонным группировкам, пространственного распределения молоди внутри группировок, регионального соотношения в пропуске производителей, можно полагать примерно равный возврат ранней формы к западной Камчатке, северной (магаданское побережье) и южной (побережье Хабаровского края) частям материкового побережья Охотского моря. Характер распределения горбуши северной группировки у побережья северо-восточного Сахалина может указывать на увеличе-

ние численности горбуши Охотского района. В подходах поздней формы будет абсолютно преобладать восточносахалинская горбуша.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Выражаем благодарность экипажам НИС «ТИНРО» и «Профессор Кагановский» за добросовестный труд и качественный сбор первичных материалов.

The authors are grateful to the crews and scientific teams of RV TINRO and RV Professor Kaganovskiy for their diligent work and high-quality collection of primary research materials.

Финансирование работы (FUNDING)

Работа выполнена согласно тематическому плану Тихоокеанского филиала ВНИРО (ТИНРО).
The study was carried out according to the thematic plan of the Pacific branch of VNIRO (TINRO).

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных соблюдены. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional principles for the care and use of animals have been observed. The authors state that they have no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Все авторы принимали участие в обсуждении результатов и редактировании текста рукописи. В сборе первичных материалов участвовали А.Н. Старовойтов и Н.А. Дедерер.

Data for the study were collected by A.N. Starovoytov and N.A. Dederer. All authors jointly analyzed the data, discussed the results, wrote, illustrated and edited the manuscript.

Список литературы

Нектон западной части Берингова моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2006. — 416 с.

Сомов А.А., Шевляков Е.А., Старовойтов А.Н. и др. Перспективы промысла горбуши в дальневосточных регионах Берингова и Охотского морей в 2023 г. по результатам анализа траловых съемок молоди на НИС «ТИНРО» и «Профессор Кагановский» осенью 2022 г. // Бюл. № 17 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО, 2023. — С. 87–100. DOI: 10.26428/losos_bull17-2023-87-100. EDN: SVAJWC.

Старовойтов А.Н., Пономарев С.С., Чульчиков Д.Н. Результаты тралового учета посткатадромной молоди тихоокеанских лососей в Беринговом и Охотском морях осенью 2021 г. // Бюл. № 16 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО, 2022. — С. 51–65. DOI: 10.26428/losos_bull16-2022-51-65.

Темных О.С. Опыт прогнозирования подходов горбуши в Охотское море по данным морских траловых съемок // Вопр. рыб-ва. — 2001. — Т. 2, № 1(5). — С. 140–153.

Шевляков Е.А., Фельдман М.Г., Шевляков В.А., Канзепарова А.Н. К методике разделения мигрирующих популяционных комплексов охотоморской горбуши в прикурильских водах Тихого океана с использованием гонадо-соматического индекса // Изв. ТИНРО. — 2020. — Т. 200, вып. 1. — С. 24–37. DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-24-37.

Шевляков Е.А., Сомов А.А., Шевляков В.А. и др. Промысел горбуши в Дальневосточном рыбопромысловом бассейне в 2023 г.: предварительные исследования, прогноз, интерпретация итогов путины // Наст. бюл.

Шунтов В.П., Темных О.С. Дальневосточная лососевая путина–2018: абсолютный исторический рекорд, обеспеченный камчатской горбушей // Бюл. № 13 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2018. — С. 3–13.

Шунтов В.П., Темных О.С. Изученность экологии горбуши на разных этапах жизненного цикла в связи с прогнозированием уловов и управлением ее ресурсами и промыслом // Бюл. № 5 реализации «Концепции

дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2010. — С. 226–242.

Karpenko V.I., Erokhin V.G., and Smorodin V.P. Abundance and biology of Kamchatkan salmon during the initial year of ocean residence // NPAFC Bull. — 1998. — № 1. — P. 352–366.

Scrucca L., Fop M., Murphy T.B. and Raftery A.E. mclust 5: clustering, classification and density estimation using Gaussian finite mixture models // The R Journal. — 2016. — № 8/1. — P. 289–317.

Поступила в редакцию 12.12.2023 г.

После доработки 9.01.2024 г.

Принята к публикации 29.03.2024 г.

*The article was submitted 12.12.2023; approved after reviewing 9.01.2024;
accepted for publication 29.03.2024*