

РЕЗУЛЬТАТЫ ТРАЛОВЫХ УЧЕТОВ СЕГОЛЕТОК ГОРБУШИ В БЕРИНГОВОМ И ОХОТСКОМ МОРЯХ В 2024 Г. И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОДХОДА И ВЫЛОВА В КАРАГИНСКОЙ ПОДЗОНЕ И ОХОТСКОМ МОРЕ В 2025 Г.

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

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

Аннотация. В 2024 г. выполнены очередные траловые съемки сеголеток горбуши в российской части Берингова и Охотского морей, позволившие получить репрезентативные данные о численности для оценки величины подходов и вылова в Карагинской подзоне и Охотском море. Численность сеголеток горбуши в западной части Берингова моря оценена в 452 млн экз., что почти в два раза ниже оценок для учетов циклических лет (2018, 2020, 2022 гг.). Ожидаемый подход в Карагинскую подзону по нижней границе доверительного интервала составил 72 млн экз., а вылов при ожидаемой навеске 1 кг и пропуске 32 % подхода — 49 тыс. т. В Охотском море численность сеголеток горбуши оценена в 1077 млн экз., что также ниже оценок циклических 2020 и 2022 гг. Ожидаемый подход на охотоморский бассейн по нижней границе доверительного интервала составил 123 млн экз., а вылов при ожидаемой навеске 1,3 кг и пропуске 35 % подхода — 100 тыс. т. Кластерный анализ (метод ЕМ-кластеризации) скоплений молоди горбуши Охотского моря позволил выделить и оценить численность региональных группировок «северного» и «южного» комплексов в соотношении 64/36 % в пользу «северной» группировки.

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

Для цитирования: Сомов А.А., Шевляков Е.А., Старовойтов А.Н., Шевляков В.А., Мельников И.В. Результаты траловых учетов сеголеток горбуши в Беринговом и Охотском морях в 2024 г. и перспективы подхода и вылова в Карагинской подзоне и Охотском море в 2025 г. // Бюл. изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО, 2025. — № 19. — С. 68–82. DOI: 10.26428/losos_bull19-2025-68-82. EDN: CHBMPV.

* Сомов Алексей Александрович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, aleksei.somov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-8459-0498; Шевляков Евгений Александрович, кандидат биологических наук, начальник отдела, evgenii.shevliakov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-8556-6737; Старовойтов Александр Николаевич, кандидат биологических наук, главный специалист, aleksandr.starovoitov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-5617-776X; Шевляков Валерий Александрович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, valerii.shevliakov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-3753-4650; Мельников Игорь Владимирович, кандидат биологических наук, заместитель руководителя, igor.melnikov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-2327-2979.

Results of trawl counts for juvenile pink salmon in the Bering and Okhotsk Seas in 2024 and prospects for the returns and catch in the Karaginsky subzone and Okhotsk Sea in 2025

Aleksey A. Somov*, Evgeny A. Shevlyakov**, Alexander N. Starovoitov***,

Valery A. Shevlyakov****, Igor V. Melnikov*****

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

* Ph.D., head of laboratory, aleksei.somov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-8459-0498

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

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

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

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

Abstract. The key stage of juvenile pink salmon monitoring is the survey of their fall feeding in the sea that detects the year-class strength. The results of this survey are used for forecasting of the pink salmon returns to the Karaginsky fishing subzone in Bering Sea and to the Okhotsk Sea and the landing in the next year. The trawl surveys with two research vessels have conducted in recent years that allows to cover vast areas in a short time and to exclude repeated counts of the same fish on neighbor transects. In 2024, such trawl survey for pink salmon counting was conducted in the western Bering Sea and Okhotsk Sea that provided representative data on the juveniles abundance used for forecasting their returns and catches in the Karaginsky fishing subzone and Okhotsk Sea. The abundance of pink salmon in the western Bering Sea was estimated in $452 \cdot 10^6$ ind. that was about a half of their numbers in previous even years (2018, 2020, 2022). Their return to the Karaginsky fishing subzone in the next year is expected as $72 \cdot 10^6$ ind. at the lower limit of confidence interval, that provides the catch of $49 \cdot 10^3$ t with the expected weight of spawners about 1 kg and 32 % escapement to the spawning grounds. In the Okhotsk Sea, the abundance of pink salmon was estimated in $1077 \cdot 10^6$ ind. that was lower than in 2020 and 2022. Their expected return to the Okhotsk Sea in the next year is expected as $123 \cdot 10^6$ ind. at the lower limit of confidence interval, that provides the catch of $100 \cdot 10^3$ t with the weight of 1.3 kg and escapement of 35 %. Abundance in «northern» and «southern» regional complexes of local stocks is estimated for pink salmon in the Okhotsk Sea using cluster analysis with the expectation-maximization algorithm (EM clustering); the «northern» group prevailed with the ratio 64:36 %.

Keywords: fisheries forecasting, clustering, salmon catch, salmon return, salmon fishery, pink salmon, trawl survey, differentiation, juvenile fish, fish abundance

For citation: Somov A.A., Shevlyakov E.A., Starovoitov A.N., Shevlyakov V.A., Melnikov I.V. Results of trawl counts for juvenile pink salmon in the Bering and Okhotsk Seas in 2024 and prospects for the returns and catch in the Karaginsky subzone and Okhotsk Sea in 2025, *Bulletin on the study of Pacific salmon in the Far East*, Vladivostok: TINRO, 2025, no. 19, pp. 68–82. (In Russ.). DOI: 10.26428/losos_bull19-2025-68-82. EDN: CHBMPV.

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 ее 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 менее вариабельна. Короткий жизненный цикл горбуши позволяет использовать данные о численности молоди в открытом море для оценки величины ее возврата на следующий год.

Мониторинговые работы по учету 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 стандартной схеме и срокам в Беринговом и Охотском морях [Шунтов, Темных, 2010], а с 2018 г. съемки проводятся двумя судами одновременно [Сомов и др., 2023, 2024]. Использование двух судов позво-

ляет охватывать районы работ в более сжатые сроки, чем при использовании одного судна. Это дает возможность в Беринговом море учитывать откочевывающие скопления горбуши до ее отхода из российской зоны и в Охотском море — горбушу разных региональных стад до образования полностью смешанных скоплений. В Беринговом море подавляющее большинство учитываемых особей горбуши происходят из рек Карагинского и Олюторского заливов (Карагинская подзона), 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 2024 г. и рассчитать ожидаемые величины подходов и перспективы промысла горбуши на 2025 г.

Материалы и методы

Для оценки численности молоди горбуши в Беринговом и Охотском морях осенью 2024 г. использовали данные траловых уловов с борта двух научно-исследовательских судов — «ТИНРО» и «Профессор Кагановский».

Съемка в Беринговом море была выполнена в течение 18 сут, с 22.09 по 09.10.2024 г. Сроки съемок соответствовали оптимальным (рис. 1). Суммарно выполнено 76 тралений на акватории площадью 564 тыс. км². Работы на НИС «Профессор Кагановский» были начаты на неделю позднее (28.09.2024). Характер движения судов предполагал общее генерализованное направление параллельными галсами с юго-востока на северо-запад против миграционного потока лососей. НИС «Профессор Кагановский» двигался по внутреннему контуру полигона работ, в то время как НИС «ТИНРО» охватил его внешнюю часть и полигон в северо-западной части Алеутской котловины (рис. 2).

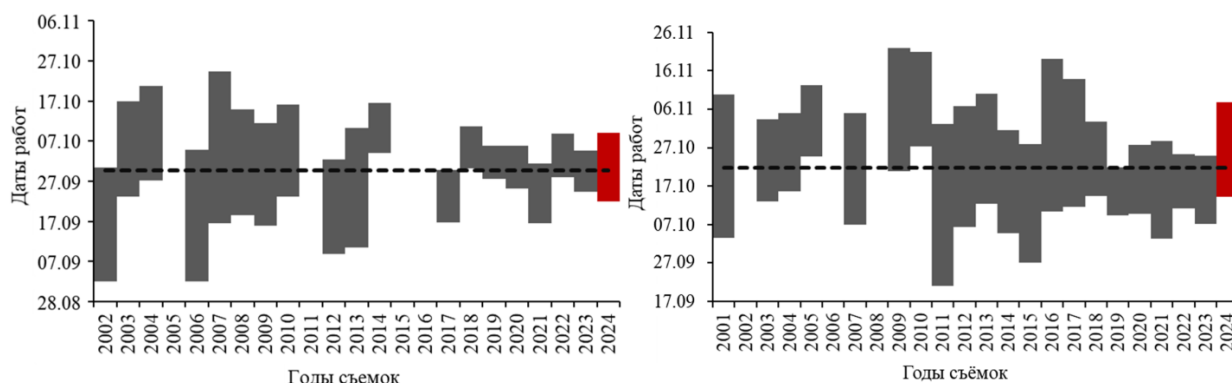


Рис. 1. Сроки проведения осенних траловых учетных съемок в западной части Берингова моря (только глубоководные районы) и в сопредельной части Тихого океана в 2002–2024 гг. (слева) и в Охотском море в 2001–2024 гг. (справа). Горизонтальной линией указаны медианные даты по всем съемкам

Fig. 1. Timing of the fall trawl survey in the western Bering Sea (deep-water part only) and adjacent Pacific Ocean in 2002–2024 (left panel) and in the Okhotsk Sea in 2001–2024 (right panel). Median dates for all years are shown by horizontal lines

Съемка в Охотском море была выполнена в течение 25 сут, с 13.10 по 06.11.2024 г. Сроки проведения работ в целом соответствовали оптимальным (см. рис. 1), однако суммарно заняли большее время по сравнению с аналогичными съемками двумя судами в период 2018–2023 гг. По плану работ съемка должна была быть выполнена в более сжатые сроки, однако из-за крайне неблагоприятных погодных условий (за период съемки через акваторию съемки прошло 15 циклонов) срок выполнения работ увеличился, в маршруты движения судов были внесены коррективы, а временные разрывы между галсами были более продолжительными по сравнению с предыдущими съемками. Суммарно выполнено 84 траления на акватории площадью 697,1 тыс. км² (рис. 3).

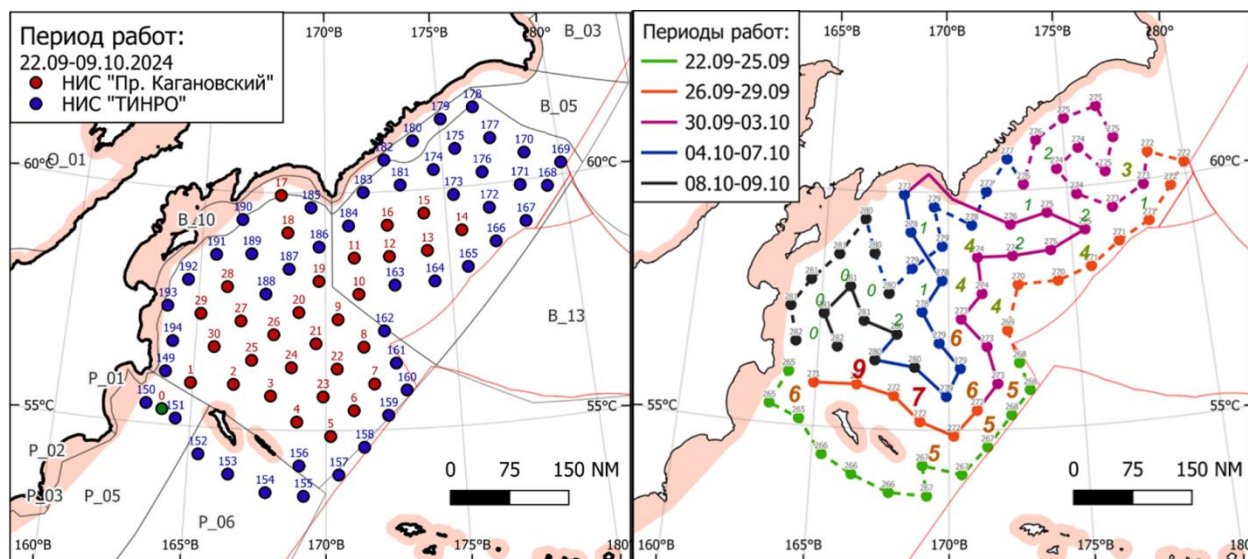


Рис. 2. Карта-схема тралений (слева) и маршрут движения судов (справа) в западной части Берингова моря в 2024 г. Цифрами между разрезами указана разница в днях. Здесь и далее розовым цветом вдоль побережий указана 12-мильная зона территориальных вод РФ

Fig. 2. Scheme of trawl survey in the Bering Sea (left panel) and the track of research vessels (right panel) in 2024. Numbers between the transects indicate time intervals in days. Hereinafter: pink colored shading along coasts indicate the territorial sea of Russia (12-mile zone)

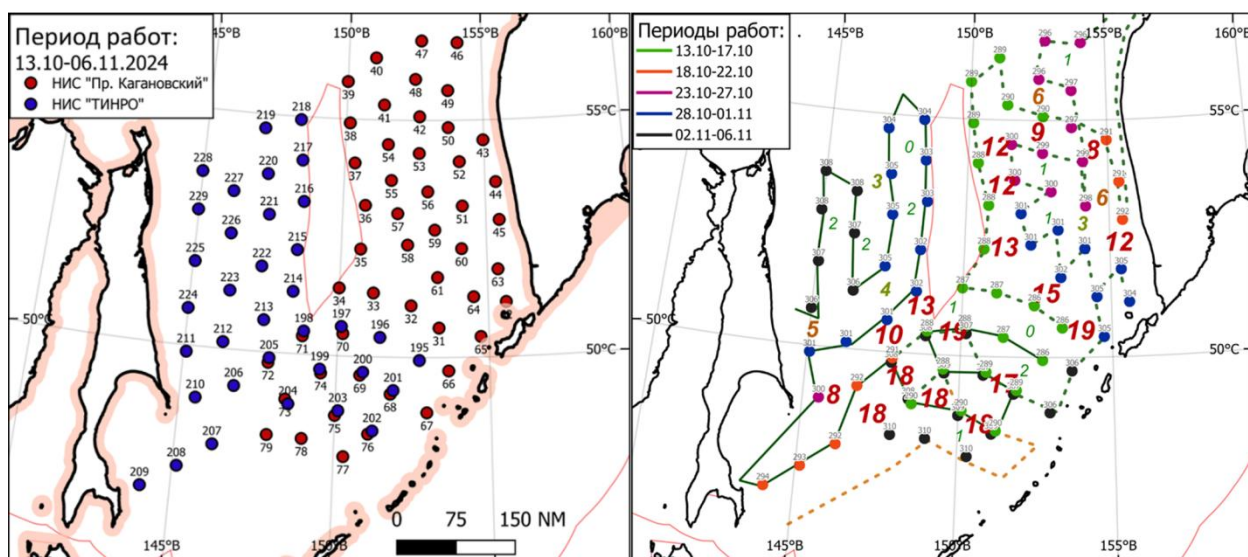


Рис. 3. Карта-схема тралений (слева) и разбивка работ по временным отрезкам (справа) в Охотском море в 2024 г. Цифрами между разрезами указана разница в днях

Fig. 3. Scheme of trawl survey in the Okhotsk Sea (left panel) and the track of research vessels (right panel) in 2024. Numbers between the transects indicate time intervals in days

В связи с растянутостью сроков работ и недельным перерывом в работе НИС «ТИНРО» между станциями 197–205 и 210–229 скопления сеголеток горбуши, которые локализуются в западной части моря у побережья восточного Сахалина, по нашему мнению, успели откочевать в южную часть Охотского моря. В результате чего станции НИС «ТИНРО» 197–205, выполненные в период 15–18.10.2024 г., было решено повторить на НИС «Профессор Кагановский» в период 03–05.11.2024 г. (станции 68–76) (рис. 3).

Траления производили 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 под-

бора трала оборудована якорной цепью длиной 12 м и массой 200 кг. Применялись грузы-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 съемки 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. Относительную численность молоди горбуши на отдельной станции оценивали площадным методом [Нектон..., 2006] с использованием коэффициента уловистости 0,4 и технических характеристик трала по следующей формуле:

$$N_{st,i} = \frac{n_i}{1,852 \cdot v_i \cdot t_i \cdot 0,001 \cdot a_i \cdot k},$$

где $N_{st,i}$ — относительная численность горбуши на станции, экз./км²; n_i — количество рыб в улове в отдельном тралении; v_i — скорость траления, уз; t_i — продолжительность траления, ч; a_i — горизонтальное раскрытие устья трала, м; k — коэффициент уловистости.

Для каждой станции в ГИС рассчитывали индивидуальный полигон Воронова. Полигоны Воронова на внешних станциях были обрезаны буфером в 30 морских миль. Общая численность в пределах индивидуального полигона рассчитывалась по формуле

$$N_{vor,i} = N_{st,i} \cdot S_i,$$

где $N_{vor,i}$ — общая численность в пределах индивидуального полигона Воронова, млн экз.; S_i — площадь индивидуального полигона Воронова, км².

Тотальная численность сеголеток горбуши в пределах акватории съемки рассчитывалась по формуле

$$N_{tot} = \sum_{i=1}^n N_{vor,i},$$

где N_{tot} — тотальная численность горбуши на исследованной акватории, млн экз.

Расчет 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. (съемки КамчатНИРО) и 2003–2023 гг. (съемки ТИНРО), для Охотского моря за период 2004–2023 гг. (съемки ТИНРО).

Для Охотского моря ввиду наличия в уловах горбуши разных региональных группировок была проведена ее дифференциация (северный комплекс — стада западной Камчатки и материкового побережья, южный комплекс — стада восточного Сахалина и южных Курильских островов) по данным индивидуальной массы особей с помощью алгоритма ЕМ-кластеризации [Шевляков и др., 2020] в среде R с использованием пакета mclust [Scrucca et al., 2016]. Данный алгоритм предполагает разделение всего частотного массива по индивидуальной массе особей на заданное количество кластеров, каждый из которых имеет нормальное распределение, показатели среднего и дисперсии. Алгоритм присваивает каждой особи принадлежность какому-либо кластеру с определенной вероятностью. Для формирования взвешенных массивов данных количество проанализированных рыб из каждого траления приводили к общей величине улова путем дублирования строк таблицы биологического анализа в соответствии с коэффициентом отношения количества проанализированных особей к общему улову. Для минимизации фактора роста сеголеток во время выполнения траловой съемки (4 нед.) данные группировали по тралениям, которые были выполнены в течение 3–5 сут и в одной локации (6–10 тралений). Чтобы исключить искажения, связанные с ритмикой питания, использовали индивидуальную массу порки, т.е. без внутренностей.

Анализ выполняли отдельно для самок и самцов с последующим суммированием результатов. Кластеризацию проводили на допущении, что средняя масса сеголеток южных региональных стад больше таковой северных стад [Ерохин, 2002; Шунтов, Темных, 2008]. Проведение дифференциации осуществлялось в полуавтоматическом режиме: частотное распределение индивидуальной массы в каждой группе тралений рассматривалось оператором и априорно выделялись границы кластеров с учетом модальных значений индивидуальной массы северной и южной группировок, также учитывалась локация группы тралений. Предполагаемые границы кластеров указывались в настройках алгоритма EM-кластеризации. Путем случайной выборки из всего массива выбирались 20–50 особей, которым априорно присваивалась принадлежность к тому или иному кластеру. Для каждой группы тралений алгоритм запускался 100 раз и каждый раз выбор индивидуумов, которым задавался кластер, был случайным. Результаты всех ста тестов усреднялись.

Анализ межгодовых изменений численности и средней массы сеголеток горбуши в Беринговом и Охотском морях проводили с применением модели VAST (Vector Autoregressive Spatio-temporal) [Thorson, 2019; Somov et al., 2024] для учета разницы в сроках выполнения съемок и площади акватории исследования.

Расчет площадей и построение карт распределения всех показателей производили в программной среде QGIS. Источники данных температуры поверхности моря:

- данные, собранные гидрологической научной группой на каждой станции с помощью комплекса Sea Bird Electronics model 911 plus, Carousel Deck Unit model 33, USA — 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](https://www.ncdc.noaa.gov)) — для анализа термической ситуации в западной части Берингова моря как в границах съемки, 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) — для анализа термической ситуации в Охотском море как в границах съемки, так и за ее пределами.

Результаты и их обсуждение

Берингово море

Численность сеголеток горбуши в западной части Берингова моря и сопредельных водах Тихого океана в период 22.09–09.10.2024 гг. оценена в 452 млн экз., а биомасса — 30,6 тыс. т. Относительно высокочисленной линии поколений горбуши (ряда нечетных лет) данная оценка является пониженной. Так, по результатам учетов 2008, 2010, 2014, 2018, 2020 и 2022 гг. оценка численности сеголеток находилась на уровне 800–1200 млн экз. Полученная оценка численности в 2024 г. более соответствует учетам для начала 2000-х гг., например 2002 и 2006 гг., когда было учтено соответственно 341 и 645 млн экз., а подходы на следующий год составили 98 и 99 млн экз.

Пространственное распределение уловов сеголеток горбуши в 2024 г. отчасти соответствовало таковому для четных лет учета (нечетное поколение) — широкое освоение акватории Командорской котловины с наиболее плотными скоплениями в ее центральной части (рис. 4). В то же время особенность данного года заключалась в отсутствии выраженного ядра концентрации в Командорской котловине при наличии значительных концентраций у границы исключительной экономической зоны РФ (ИЭЗ РФ) (рис. 4). Такой характер пространственного распределения предполагает, что часть карагинской горбуши на момент проведения работ находилась в центральной части Берингова моря за пределами ИЭЗ РФ и осталась неучтенной. Судя по контурам пространственного распределения относительной численности (рис. 4), доля неучтенной горбуши могла достигать 10–20 %, или 50–100 млн экз.

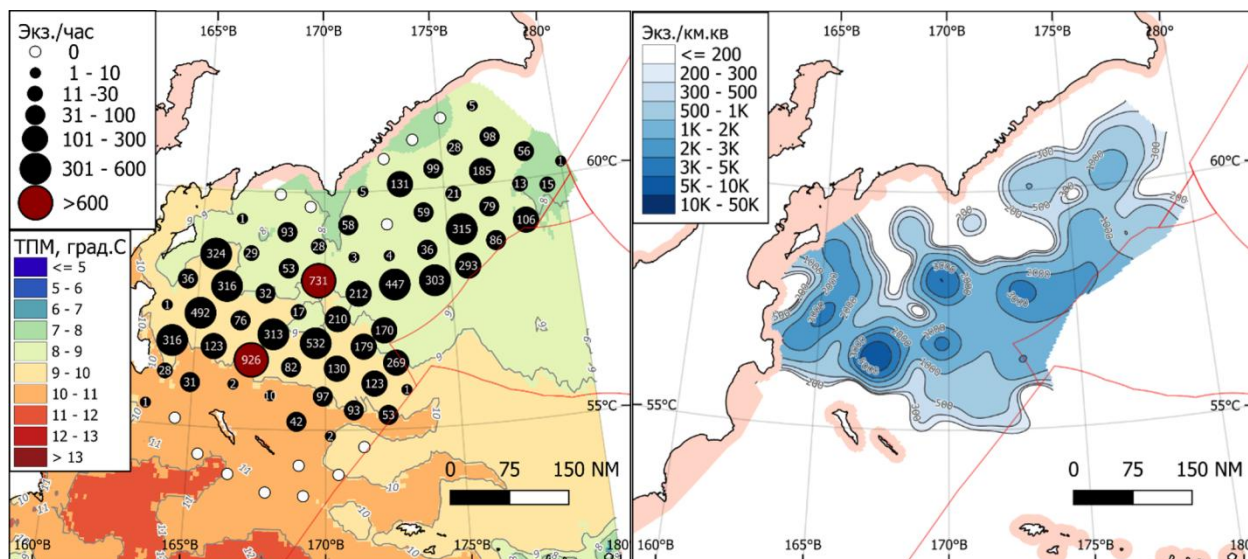


Рис. 4. Уловы, экз./час (слева) и пространственное распределение относительной численности, экз./км² (справа) сеголеток горбуши в западной части Берингова моря и сопредельных водах Тихого океана в период 22.09–09.10.2024. Слева фоном нанесена температура поверхности моря по данным JMA на 02.10.2024

Fig. 4. Spatial distribution of catches, ind. (left panel) and abundance, ind./km² (right panel) for pink salmon in the western Bering Sea and adjacent Pacific Ocean on September 22 — October 9, 2024. Sea surface temperature on October 2, 2024 (JMA data) is plotted on the left panel

Линейно-массовые показатели сеголеток горбуши (средняя длина и масса особи) варьировали в следующих пределах: длина тела — 11,5–29,0 см, масса тела — 14–194 г. Средневзвешенные на улов линейно-массовые показатели были следующими: длина — 19,4 см, масса — 66,5 г.

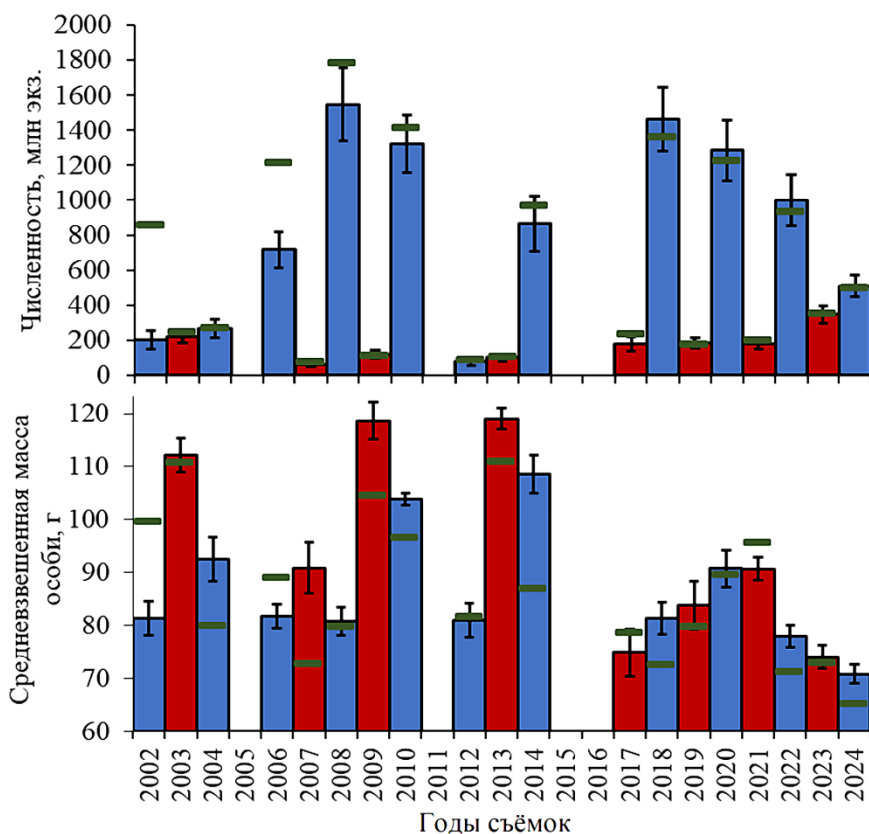
Межгодовое сравнение учтенной численности, а также линейно-массовых показателей сеголеток горбуши в западной части Берингова моря указывает на продолжающуюся тенденцию к снижению как обилия, так и размеров (рис. 5). Поскольку за ряд наблюдений с 2002 г. сроки съемок (см. рис. 1), количество задействованных судов и маршруты разнились по годам, это вносит искажения в оценки как обилия, так и линейно-массовых показателей. Для снижения этого эффекта данные всех осенних траловых съемок в Беринговом море были проанализированы с помощью модели VAST (Vector Autoregressive Spatio-temporal) [Thorson, 2019; Somov et al., 2024], которая экстраполирует данные на неохваченные съемкой участки района глубоководных котловин в пределах ИЭЗ РФ (12 и 8 биостатистические районы), а также, учитывая разницу в сроках проведения съемок, стандартизирует данные о линейно-массовых показателях, приводя их к единой дате. Оценки численности, биомассы и линейно-массовых показателей сеголеток горбуши, оцененные моделью VAST, несколько отличаются от стандартных оценок, но имеют тот же порядок и использованы в качестве индекса для выявления межгодовой динамики.

Начиная с 2020 г. наметилась тенденция к снижению уровня численности сеголеток горбуши нечетного поколения, достигнув минимума в 2024 г., напротив, для поколений четных лет с 2023 г. наметилась тенденция к увеличению численности сеголеток в море (рис. 5). Линейно-массовые показатели в 2024 г. оказались минимальными за весь ряд наблюдений (рис. 5). Малые размеры сеголеток горбуши в 2024 г. указывают как минимум на сниженные показатели навесок производителей в 2025 г., а как максимум на повышенную смертность в зимний период 2024–2025 гг.

Последние четыре цикла горбуша нечетных поколений (подходы 2017, 2019, 2021 и 2023 гг.) имела среднюю массу в диапазоне 1,01–1,28 кг с минимумом в 2023 г. Учитывая минимальные оценки линейно-массовых показателей сеголеток горбуши в 2024 г. в западной части Берингова моря, можно предположить, что навеска производителей в 2025 г. будет на уровне 1 кг.

Рис. 5. Оценки численности (**сверху**) и средней массы особи (**снизу**) сеголеток горбуши в западной части Берингова моря в 2002–2024 гг. *Синими столбцами* обозначены поколения нечетных лет (четные годы учета), *красными* — поколения четных лет (нечетные годы учета). *Планками погрешности* обозначены стандартные ошибки, *горизонтальная черта* над столбцами указывает на скорректированную оценку обилия и индивидуальной массы с учетом разницы в сроках работ

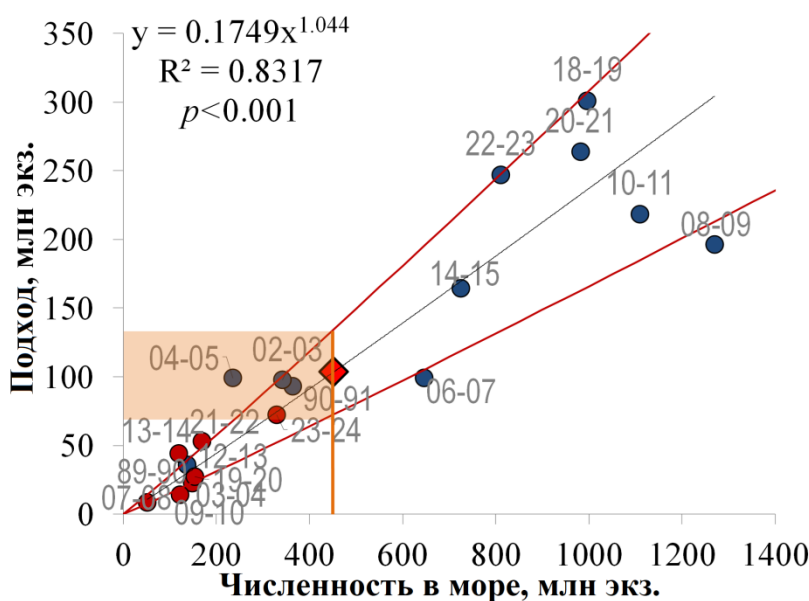
Fig. 5. Estimates of abundance (**top panel**) and mean individual weight (**bottom panel**) for juvenile pink salmon in the western Bering Sea in 2002–2024. *Blue bars* — the year-classes of odd years (counted in even-year surveys), *red bars* — the year-classes of even years (counted in odd-year surveys). *Error bars* indicate standard errors; *horizontal lines* above the bars indicate the corrected estimations of abundance and individual weight taking into account the difference in timing of surveys



При уровне численности сеголеток горбуши в западной части Берингова моря и сопредельных водах Тихого океана в 2024 г. 452 млн экз. оценка численности подхода производителей в 2025 г. по модели «учет в море — подход» при допустимом отклонении 30 % составляет 103 ± 31 млн экз. (рис. 6). Учитывая низкие линейно-массовые показатели сеголеток, следует предполагать повышенную смертность в зимний период 2024–2025 гг. В связи с этим ожидаемый подход в 2025 г. нужно принять по нижней границе интервала ошибок, что составляет 72 млн экз. Средний уровень пропуска производителей горбуши в реки Карагинской подзоны за последние четыре цикла — 32 %. Ориентируясь на эту величину пропуска и предполагаемую величину навески — 1 кг, ожидаемый вылов горбуши в Карагинской подзоне в 2025 г. по минимальной оценке должен составить 49 тыс. т.

Рис. 6. Связь численности подходов горбуши и учтенной численности ее сеголеток в западной части Берингова моря. *Красные точки* — поколения четных лет, *синие* — нечетных; *цифрами* обозначены циклы поколения; *крест* — средняя ожидаемая величина подхода на 2025 г.

Fig. 6. Dependence of pink salmon returns on the abundance of juveniles counted by the fall surveys in the western Bering Sea. *Red dots* — year-classes of even years, *blue dots* — year-classes of odd years; *numbers* indicate the year-classes; *cross* — the mean expected return in 2025



Охотское море

Численность сеголеток горбуши в Охотском море в период 13.10–06.11.2024 г. оценена в 1077 млн экз., а биомасса — 161,3 тыс. т. Учитывая, что в 2020–2021 гг. произошла смена доминант у западнокамчатской горбуши, численность поколения горбуши 2023 г., сеголетки которой выходят в море в 2024 г., ожидалась высокой. Тем не менее полученная оценка численности является средней относительно ряда лет наблюдений с 2001 г. и тем более ниже оценок последних циклических лет. Так, в 2022 г. было учтено 2,60 млрд особей, в 2020 г. — 2,05 млрд экз.

Пространственное распределение сеголеток горбуши характеризовалось повышенными их концентрациями в восточной и юго-западной частях моря (рис. 7). Отличие в пространственном распределении уловов относительно предыдущих лет заключается в отсутствии значимых уловов у восточного Сахалина, что объясняется существенными перерывами в работе судов из интенсивной циклонической деятельности над акваторией Охотского моря. К моменту возобновления работ горбуша уже в массе покинула воды у восточного Сахалина и сместилась южнее.

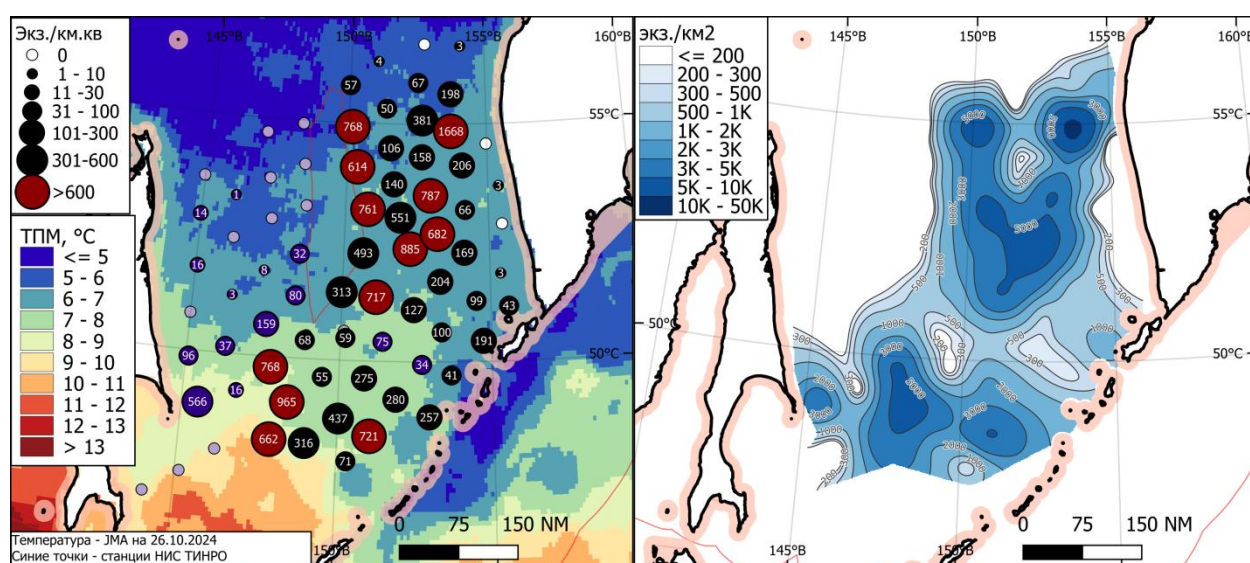


Рис. 7. Уловы (слева) и пространственное распределение относительной численности (экз./км²) (справа) сеголеток горбуши в Охотском море в период 13.10–06.11.2024. Слева фоном нанесена температура поверхности моря по данным JMA на 26.10.2024

Fig. 7. Spatial distribution of catches, ind. (left panel) and abundance, ind./km² (right panel) for juvenile pink salmon in the Okhotsk Sea on October 13 — November 6, 2024. Sea surface temperature on October 26 (JMA data) is plotted on the left panel

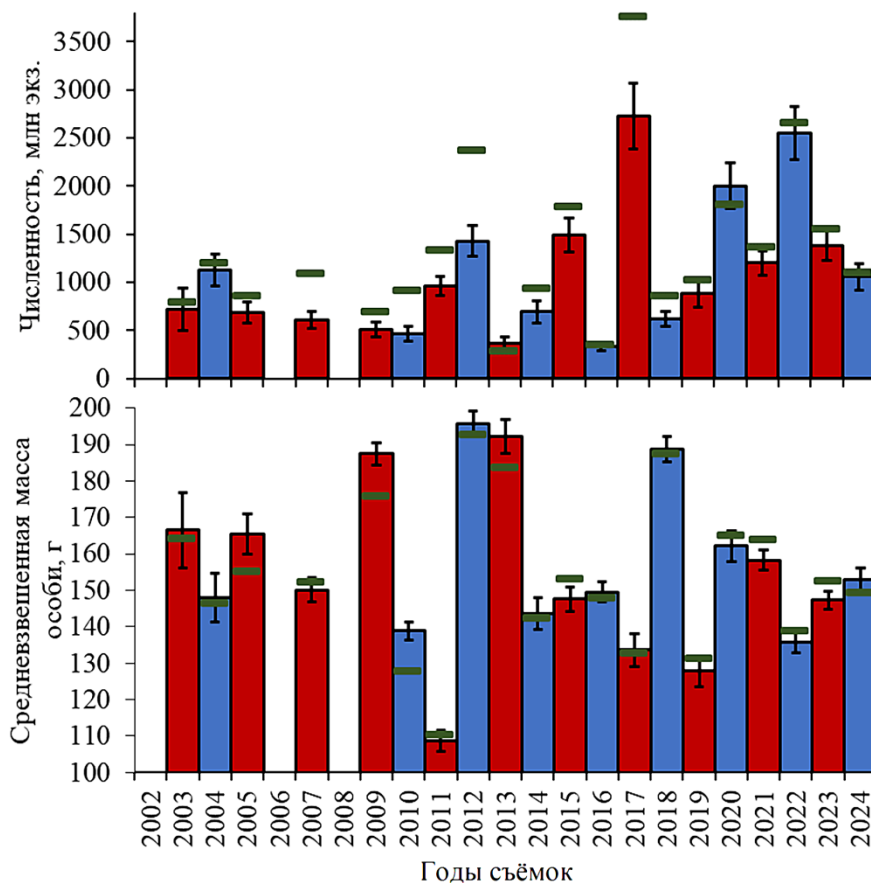
Средневзвешенные на улов линейно-массовые показатели были следующими: длина — 24,2 см, масса — 144,9 г. Межгодовое сравнение показателей численности и средней массы сеголеток горбуши в Охотском море указывает на возможно начавшуюся тенденцию к снижению по линии нечетных поколений (четные годы учета) как обилия, так и средней массы (рис. 8.) Также данные свидетельствуют и о возможности грядущей смены доминант (рис. 8). Предыдущая смена доминант произошла в цикле 2020–2021 гг. (2019–2020 гг. учета).

Средняя масса сеголеток горбуши в Охотском море в 2024 г. была умеренной относительно всего ряда наблюдений (рис. 8), при этом намеченная в 2018–2022 гг. тенденция к снижению средних размеров сеголеток нечетных поколений в 2024 г. кажется нарушенной, поскольку их средние размеры в 2024 г. были больше, чем в 2022 и 2020 гг. (рис. 8).

Последние четыре цикла средняя масса производителей охотоморской горбуши нечетных поколений (подходы 2017, 2019, 2021 и 2023 гг.) была в диапазоне 1,18–1,45 кг с минимумом в 2023 г. Учитывая средний уровень показателя индивидуальной массы сеголеток горбуши в 2024 г. в Охотском море, предполагаем, что навеска производителей в 2025 г. будет на уровне 1,3 кг.

Рис. 8. Оценки численности (**сверху**) и средней массы особи (**снизу**) сеголеток горбуши в Охотском море в 2002–2024 гг. Обозначения как на рис. 5

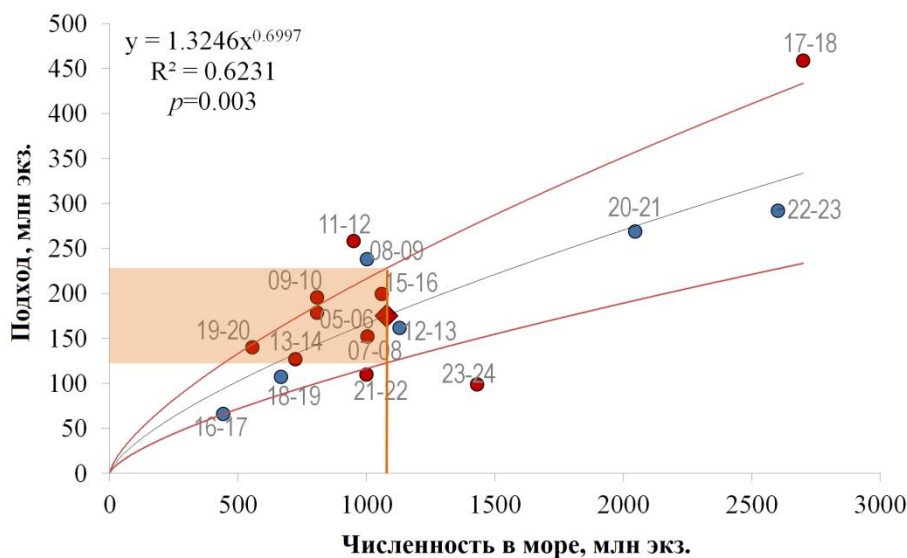
Fig. 8. Estimates of abundance (**top panel**) and mean individual weight (**bottom panel**) for juvenile pink salmon in the Okhotsk Sea in 2002–2024. Legend as at Fig. 5



При численности сеголеток горбуши в Охотском море в 2024 г., равной 1077 млн экз., оценка численности подхода производителей в 2025 г. по модели «учет в море — подход» при допустимом отклонении 30 % составляет 175 ± 52 млн экз. (рис. 9). Учитывая высокую степень неопределенности в оценке обилия сеголеток в 2024 г. из-за штормовой погоды, ожидаемый подход в 2025 г. нужно принять по нижней границе интервала ошибок, что составляет 123 млн экз. Средний уровень пропуска производителей горбуши в реки Охотского моря за последние четыре цикла равен 35 %. Ориентируясь на эту величину пропуска и предполагаемую навеску — 1,3 кг, ожидаемый вылов горбуши в бассейне Охотского моря в 2025 г., по минимальной оценке, должен составить 100 тыс. т.

Рис. 9. Связь численности подходов горбуши и учтенной численности ее сеголеток в Охотском море. Обозначения как на рис. 6

Fig. 9. Dependence of pink salmon returns on the abundance of juveniles counted by the fall surveys in the Okhotsk Sea. Legend as at Fig. 6



По результатам дифференциации смешанных скоплений сеголеток горбуши, как было отмечено выше, район работ разделили на десять групп тралений, которые были выполнены в течение 3–5 сут (рис. 10) для уменьшения эффекта роста особей в течение съемки.

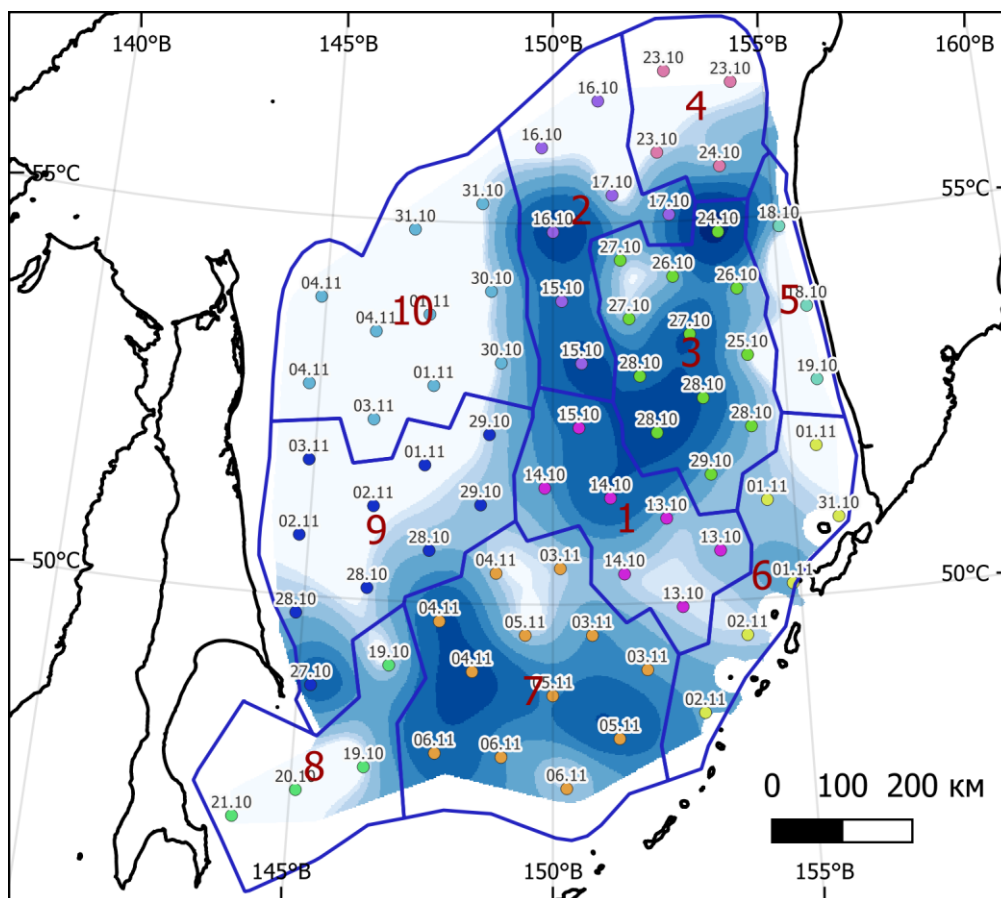


Рис. 10. Разбивка полигона работ на подрегионы для проведения ЕМ-кластеризации по индивидуальной массе. Интенсивностью синей заливки обозначена относительная численность скоплений, синей линией — границы подрегионов, красными цифрами — их номера, точками указаны траления и дата и выполнения

Fig. 10. The surveyed area dividing for EM-clustering by individual weight of juvenile pink salmon without entrails (blue lines). Dots and numbers indicate trawls with date of trawling; numbers of areas are shown in red; relative fish abundance is shown by blue background

Данные анализа частотных рядов индивидуальной массы сеголеток горбуши в каждой группе тралений представлены на рис. 11 для самок и на рис. 12 для самцов. Уловы сеголеток в группах тралений 5 и 10 отсутствовали. Наибольшая доля самок с относительно низкой индивидуальной массой отмечена для групп тралений № 2, 3 и 4 (см. рис. 11), а самцов — в группах тралений № 2, 4 и 7 (рис. 12). Доля крупноразмерных самок была наибольшей в группах тралений № 6, 7 и 9, у самцов в группах № 1, 3, 6 и 9.

В результате суммирования данных по всем группам тралений итоговое соотношение численности «северных» и «южных» региональных стад по результатам ЕМ-кластеризации оценено на уровне 64/36 % (по обоим полам), 60/40 % (по самкам), 67/33 % (по самцам). Пространственное распределение выделенных региональных комплексов показано на рис. 13.

Следует отметить, что по данным генетической дифференциации, проводимой специалистами КамчатНИРО, доля горбуши северных стад с учетом взвешивания на величину вылова в тралениях оценена в 74,0 % (западная Камчатка и северная часть материкового побережья), 26,0 % особей принадлежали стадам южной части материкового побережья (14,7 %) и сахалино-курильского региона (11,3 %). Здесь же следует обозначить, что для поколения нечетных лет генетическая дифференциация

ция до настоящего времени давала неудовлетворительные результаты. Тем не менее преобладание горбуши северных стад, на наш взгляд, несомненно.

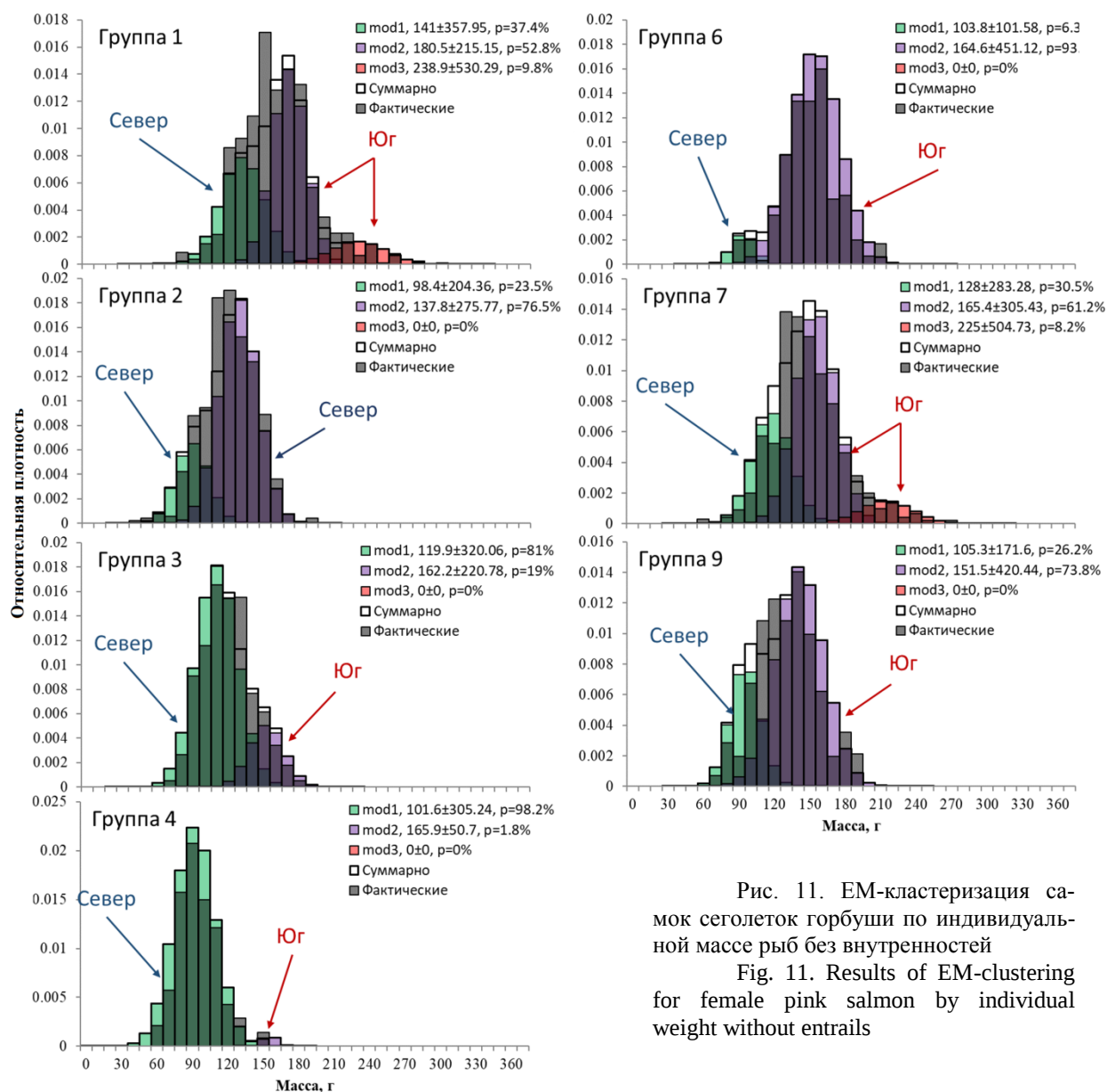


Рис. 11. ЕМ-кластеризация самок сеголеток горбуши по индивидуальной массе рыб без внутренностей
Fig. 11. Results of EM-clustering for female pink salmon by individual weight without entrails

Закключение

Морские осенние траловые съемки, проведенные ТИНРО в 2024 г., позволили оценить численность сеголеток горбуши в Беринговом море на уровне 452 млн экз., что является относительно низкой оценкой в ряду циклических лет. Минимальная относительно предыдущих лет наблюдений индивидуальная масса сеголеток горбуши в Беринговом море предполагает и пониженную среднюю навеску производителей в 2025 г. Таким образом, ожидаемый подход в Карагинскую подзону в 2025 г. по осторожной оценке составит 72 млн экз., а вылов — на уровне 49 тыс. т. В Охотском море численность сеголеток оценена в 1,08 млрд экз. — также пониженный результат относительно циклических лет. Это тоже намекает на возможность очередной смены доминант западнокамчатской горбуши. Ожидаемая величина подхода по осторожной оценке составляет 123 млн экз., а вылов по бассейну — 100 тыс. т. Соотношение численности региональных группировок по результатам ЕМ-кластеризации составило 64/36 % в пользу северных (западная Камчатка и материковое побережье) стад.

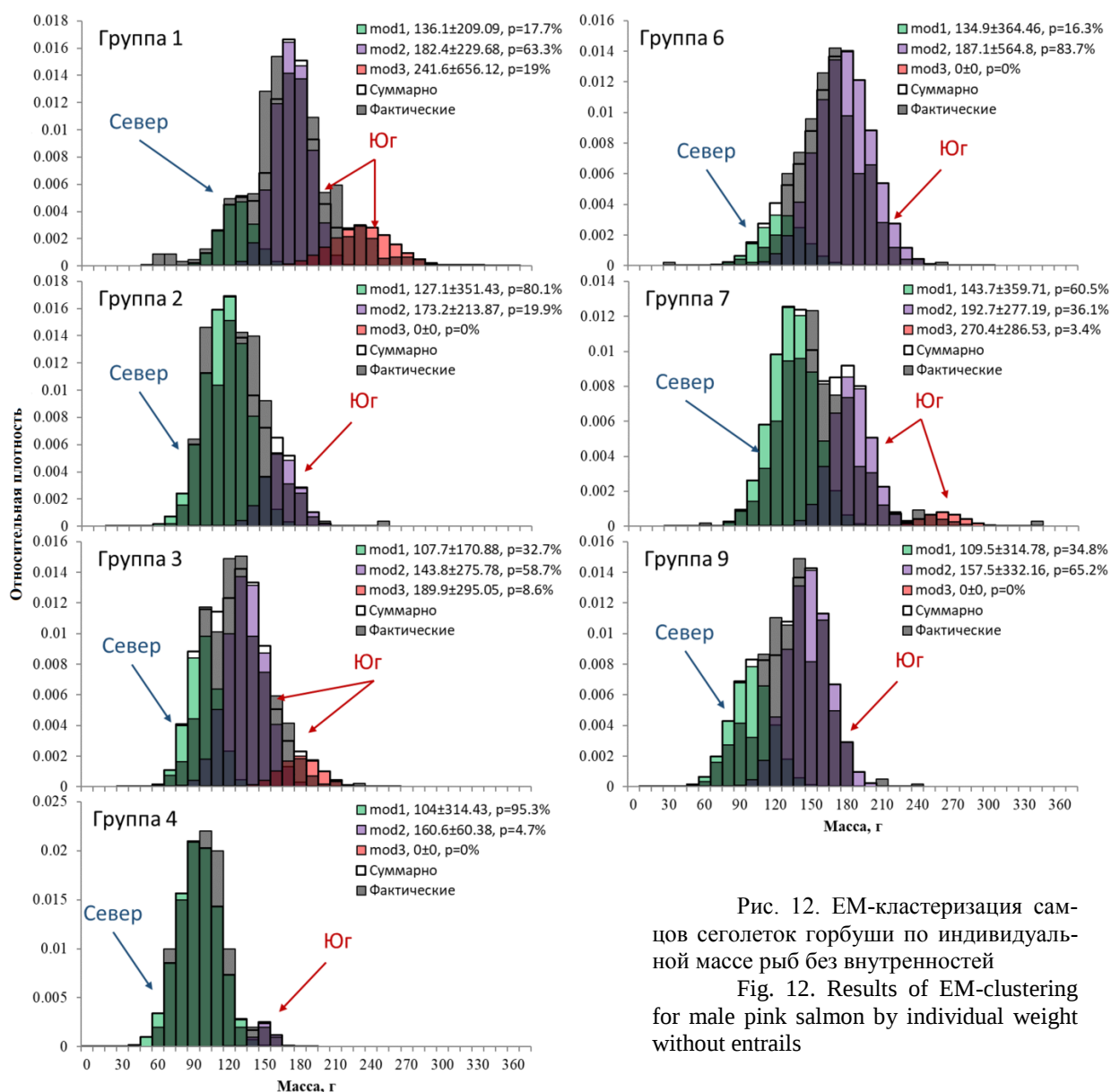


Рис. 12. ЕМ-кластеризация самцов сеголеток горбуши по индивидуальной массе рыб без внутренностей
Fig. 12. Results of EM-clustering for male pink salmon by individual weight without entrails

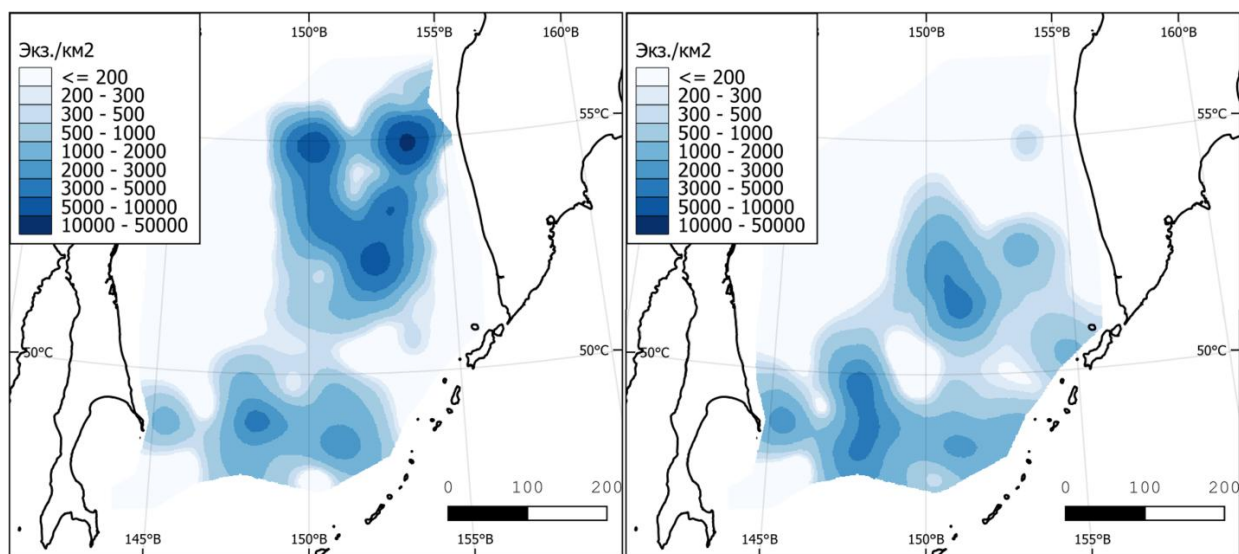


Рис. 13. Пространственное распределение относительной численности сеголеток горбуши «северных» (слева) и «южных» (справа) региональных стад
Fig. 13. Spatial distribution of pink salmon abundance for the «northern» (left panel) and «southern» (right panel) regional complexes of local stocks

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)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study was not supported by sponsors.

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)

В сборе первичных материалов участвовали А.А. Сомов, А.Н. Старовойтов и В.А. Шевляков. Анализ материала, написание текста рукописи — А.А. Сомов. В обсуждении результатов и редактировании текста принимали участие все авторы.

A.A. Somov, A.N. Starovoitov, and V.A. Shevlyakov participated in collection of primary materials. A.A. Somov analyzed the materials and wrote and illustrated the text draft. All authors discussed the results of analysis and finally edited the article.

Список литературы

Ерохин В.Г. Биология молоди тихоокеанских лососей в прикамчатских водах Охотского моря : дис. канд. биол. наук. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2002. — 145 с.

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 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 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.

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.

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.

Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. — Т. 1. — 481 с.

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.

Somov A., Farley E.V., Yasumiishi E.M., McPhee M.V. Comparison of juvenile Pacific salmon abundance, distribution, and body condition between western and eastern Bering Sea using spatiotemporal models // Fish. Res. — 2024. — Vol. 278. — P. 107086. DOI: 10.1016/j.fishres.2024.107086.

Thorson J.T. Guidance for decisions using the Vector Autoregressive Spatio-Temporal (VAST) package in stock, ecosystem, habitat and climate assessments // Fish. Res. — 2019. — Vol. 210. — P. 143–161. DOI: 10.1016/j.fishres.2018.10.013.

Поступила в редакцию 14.03.2025 г.

После доработки 18.03.2025 г.

Принята к публикации 30.05.2025 г.

The article was submitted 14.03.2025; approved after reviewing 18.03.2025;

accepted for publication 30.05.2025