

**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.**

**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.** Применяемая в последние годы методика проведения морских траловых съемок по учету молоди горбуши с использованием двух научно-исследовательских судов обеспечивает возможность охвата района работ в сжатые сроки, а также позволяет исключить повторные учеты активно мигрирующей рыбы на смежных галсах. В 2022 г. за счет качественного планирования экспедиций и эффективной работы (НИС «ТИНРО», «Профессор Кагановский») удалось исследовать основные скопления горбуши в Беринговом и Охотском морях, что позволило получить репрезентативные данные о численности горбуши в период осеннего морского нагула. Полученные данные будут использованы при прогнозировании объемов вылова горбуши в 2023 г. Применение метода EM-кластеризации для региональной дифференциации скоплений молоди горбуши Охотского моря позволило выделить две группировки — «северного» и «южного» комплексов — в соотношении 55/45 %. По результатам проведенных учетных траловых съемок осенью 2022 г. были получены оценки численности горбуши в Беринговом (940 млн экз.) и Охотском (2,7 млрд экз.) морях. По предварительным оценкам численность возврата в 2023 г. составит 200 млн экз. в Беринговом и не менее 270 млн экз. в Охотском морях.

**Ключевые слова:** Берингово море, Охотское море, 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 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.

---

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

**Prospects for the pink salmon fishery in the Russian waters of the Bering and Okhotsk Seas in 2023 based on analysis of trawl surveys of the juveniles aboard RV TINRO and RV Professor Kaganovsky in autumn 2022**

**Aleksey A. Somov<sup>\*</sup>, Evgeny A. Shevlyakov<sup>\*\*</sup>, Alexander N. Starovoitov<sup>\*\*\*</sup>,  
Valery A. Shevlyakov<sup>\*\*\*\*</sup>, Nikita A. Dederer<sup>\*\*\*\*\*</sup>, Igor V. Melnikov<sup>\*\*\*\*\*</sup>**

<sup>\*\_\*\*\*\*\*</sup> Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

<sup>\*</sup> acting head of laboratory, aleksey.somov@tinro-center.ru, ORCID 0000-0001-8459-0498

<sup>\*\*</sup> Ph.D., head of department, evgeniy.shevlyakov@tinro-center.ru, ORCID 0000-0002-8556-6737

<sup>\*\*\*</sup> Ph.D., chief specialist, sansea@inbox.ru, ORCID 0000-0001-5617-776X

<sup>\*\*\*\*</sup> Ph.D., leading researcher, valeriy.shevlyakov@tinro-center.ru, ORCID 0000-0002-3753-4650

<sup>\*\*\*\*\*</sup> specialist, nikita.dederer@tinro-center.ru, ORCID 0000-0002-3618-7706

<sup>\*\*\*\*\*</sup> Ph.D., deputy head, igor.melnikov@tinro-center.ru, ORCID 0000-0002-2327-2979

**Abstract.** Modern technique of counting pink salmon juveniles in trawl surveys by two research vessels simultaneously makes it possible to cover the surveyed area in a short time that excludes repeated counts of actively migrating fish at adjacent transects. Such survey in the fall of 2022 was conducted jointly by RV TINRO and RV Professor Kaganovsky. The main aggregations of pink salmon in the offshore areas of the Bering and Okhotsk Seas were accounted that guaranteed reliability of the primary materials for prediction of the pink salmon return and catches in 2023. Two regional groups of pink salmon were separated in the mixed aggregation of juveniles in the Okhotsk Sea using the method of EM-clustering; the ratio of «northern» and «southern» complexes of their local stocks was determined as 55 : 45 %. The total number of pink salmon was assessed as  $0.94 \cdot 10^9$  ind. in the Bering Sea and  $2.70 \cdot 10^9$  ind. in the Okhotsk Sea. Expected return of pink salmon in 2023 was preliminary estimated as  $200 \cdot 10^6$  ind. for the Bering Sea and at least  $270 \cdot 10^6$  ind. for the Okhotsk Sea.

**Keywords:** Bering Sea, Okhotsk Sea, pink salmon, trawl survey, stock 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 2023 based on analysis of trawl surveys of the juveniles aboard RV TINRO and RV Professor Kaganovsky in autumn 2022, in *Bull. N 17 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bull. No. 17 Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO, 2023, pp. 87–100. (In Russ.). DOI: 10.26428/losos\_bull17-2023-87-100. EDN: SVAJWC.

## Введение

Горбуша является одним из главных объектов рыбной промышленности Дальнего Востока, обеспечивая основу промысла лососевых рыб. Успешность лососевой путины во многом зависит от величины возврата производителей горбуши, которая, в свою очередь, варьирует от года к году.

Благодаря комплексному научному обеспечению путины на всех этапах жизненного цикла горбуши удается хорошо или удовлетворительно предсказывать величины возвратов. Особое значение в комплексном мониторинге играют морские траловые съемки молоди горбуши в двух основных бассейнах — Беринговом и Охотском морях. Поскольку на этапе морских миграций и освоения обширных морских пространств молодь горбуши уже преодолела периоды высокой и крайне изменчивой смертности в пресноводный и раннеморской периоды, её дальнейшая смертность не столь значительна и 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.

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

Цель данной работы — оценить численность молоди горбуши в Беринговом и Охотском морях осенью 2022 г. и рассчитать ожидаемые величины возвратов и перспективы промысла горбуши

по региональным группировкам с учетом дифференциации в Охотском море по морфометрическим признакам.

### Материалы и методы

Для оценки численности молоди горбуши в Беринговом и Охотском морях осенью 2022 г. использовали данные траловых уловов с борта двух научно-исследовательских судов — «ТИНРО» и «Профессор Кагановский». Съёмка по учету численности откочевывающей молоди тихоокеанских лососей в Беринговом море была выполнена в срок с 25.09 по 09.10.2022. Суммарно выполнено 53 траления (22 — НИС «ТИНРО», 31 — «Профессор Кагановский») на акватории площадью 392 тыс. км<sup>2</sup>. Съёмка по учету численности откочевывающей молоди тихоокеанских лососей в Охотском море была выполнена в срок с 11.10 по 25.10.2022 г. двумя судами — «ТИНРО» и «Профессор Кагановский». Суммарно выполнено 74 траления (34 — «ТИНРО», 40 — «Профессор Кагановский») на акватории площадью 672 тыс. км<sup>2</sup>.

Траления выполняли с использованием разноглубинных канатных тралов — РТ 80/396 м. Тралы были вооружены по 4-кабельной схеме и имели мелкочейную вставку (дельта 10 мм) в кутце. Длина кабелей тралов составляла 120 м. Верхняя подбора — щиток (лента брезентовая) шириной 60 см и длиной 8 м — была оснащена по краю кошельковыми наплавами (30 шт.). Нижняя подбора трала оснащалась 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 м<sup>2</sup>. Скорость тралений во время съёмки составляла от 4,5 ± 0,3 уз, а продолжительность — 1 ч. Длина вытравленных ваеров изменялась от 250 до 300 м. Все траловые работы выполнялись круглосуточно. Контроль хода 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 и биомассы гидробионтов. Среднее вертикальное раскрытие трала составляло 26,9 ± 3,6 м, горизонтальное раскрытие — 44,2 ± 2,8 м.

Численность молоди горбуши оценивали площадным методом [Нектон..., 2005] с использованием коэффициента уловистости 0,4 и технических характеристик трала по следующей формуле:

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

где  $Nst$  — относительная численность горбуши на станции, экз./км<sup>2</sup>;  $v$  — скорость траления, уз;  $t$  — продолжительность траления, ч;  $a$  — горизонтальное раскрытие устья трала, м;  $k$  — коэффициент уловистости.

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

$$Ntot = Nst \cdot S/1000000,$$

где  $Ntot$  — тотальная численность горбуши на исследованной акватории, млн экз.;  $S$  — исследованная площадь, км<sup>2</sup>.

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 2003–2021 гг. (съёмки ТИНРО), для Охотского моря за период 2004–2021 гг. (съёмки ТИНРО).

Для Охотского моря также был проведен анализ по дифференциации смешанных скоплений на региональные комплексы (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 EM-кластеризации [Шевляков и др., 2020] в среде R с использованием пакета *mclust* [Scrucca et al., 2016].

Расчёт площадей, численности горбуши, построение карт распределения проводились в программной среде QGIS.

Источники данных температуры поверхности моря:

- сборы гидрологической научной группой на каждой станции с помощью комплекса Sea Bird Electronics model 911 plus, Carousel Deck Unit model 33, USA;
- сайт Национального управления океаническими и атмосферными исследованиями [National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), [ncdc.noaa.gov](https://ncdc.noaa.gov/)];
- сайт Японского метеорологического агентства [Japan Meteorological Agency NEAR-GOOS RRTDB, [ds.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/database.html](https://ds.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/database.html)].

## Результаты и их обсуждение

### *Берингово море*

По сравнению с 2021 г., когда тралениями была охвачена вся западная часть Берингова моря в пределах исключительной экономической зоны Российской Федерации (ИЭЗ РФ) [Шевляков и др., наст. бюл.], настоящей съемкой удалось охватить только акваторию Командорской котловины и западную периферию Алеутской котловины. Характер движения судов предполагал общее генерализованное направление галсами с юга-востока на северо-запад против миграционного потока лососей. НИС «Профессор Кагановский», начавший работу 25.09.2022 г. к югу от Командорских островов, преимущественно охватил центральную часть полигона. Научная группа на НИС «ТИНРО» приступила к тралениям 29.09.2022 г. к югу от Камчатского пролива, маршрут движения судна предполагал оконтуривание полигона работ НИС «Профессор Кагановский» (рис. 1). Применение практики выполнения съемки одновременно с двух судов (начиная с 2018 г.) позволяет охватить район работ в более сжатые сроки, чем при использовании одного судна, исключает повторные учеты на смежных галсах, фактически получая близкий по времени срез в распределении миграционного потока. В результате даже при сокращенном количестве станций удастся оконтурить основные скопления сеголеток горбуши до того, как они в массе покинут акваторию российских вод Берингова моря. Максимальный интервал между соседними галсами составил 8 сут, так как точки начала и завершения съемки располагались близко друг к другу, на большей же части полигона работ интервал между галсами составлял от 2 до 6 сут (рис. 1).

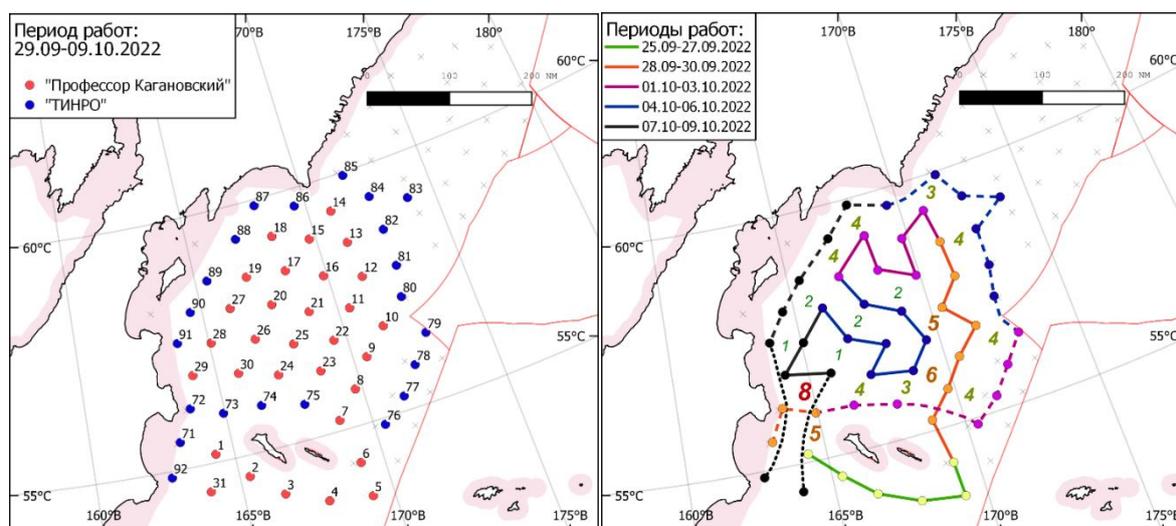


Рис. 1. Карта-схема тралений в Беринговом море (слева) и разбивка работ по временным отрезкам (справа). Цифрами между разрезами указана разница в днях

Fig. 1. Scheme of trawling in the Bering Sea (left panel) and schedule of the vessels route (right panel). Numbers between the transects indicate time intervals in days

На первом разрезе НИС «Профессор Кагановский» к югу от Командорских островов уловы молоди горбуши отсутствовали либо были незначительны (рис. 1, 2) — 0–11 экз./час. трал. При этом на первых тралениях НИС «ТИНРО» к югу от Камчатского пролива уловы составляли 45–368 экз./час. трал. (рис. 1 справа, рис. 2). Это указывало, что сеголетки горбуши мигрировали напрямую в Тихий океан через Камчатский пролив, но глубина миграционного потока в океан была небольшой. Основные же скопления сеголеток горбуши были сосредоточены в Командорской котловине (рис. 2). Максимальный улов составил 2571 экз./час. трал. в центральной части Командорской котловины. Поблизости также были отмечены достаточно высокие уловы — 633–1502 экз./час. трал. Не менее существенные уловы сеголеток сохранялись и к юго-востоку от мыса Олюторского — 664–765 экз./час. трал.

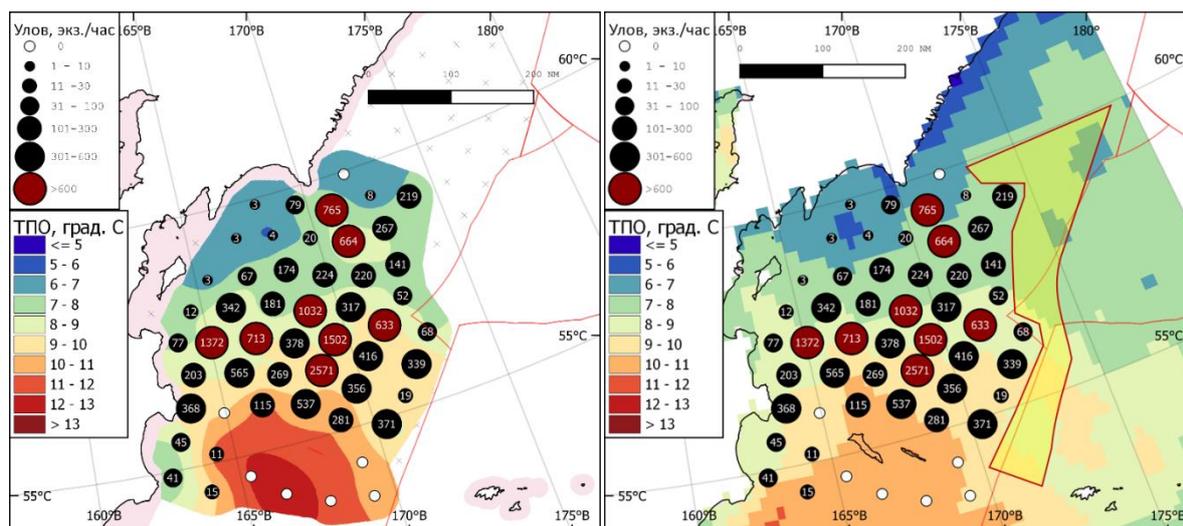


Рис. 2. Распределение уловов сеголеток горбуши в Беринговом море на фоне температуры поверхности по рейсовым (слева) и спутниковым (среднее за период 25.09–09.10.2022 г.) (справа) данным. Желтым цветом выделена зона предполагаемых высоких концентраций горбуши

Fig. 2. Catches of pink salmon juveniles in the Bering Sea on the background of the sea surface temperature (color scale) measured in the survey (left panel) and satellite SST data averaged for the period from September 25 to October 9, 2022 (right panel). The unsurveyed area of supposedly high concentration of pink salmon is shown by yellow color

Распределение уловов на маршруте НИС «ТИНРО» по контуру полигона работ показало снижение уловов горбуши относительно максимальных значений в юго-восточной части Командорской котловины у границы ИЭЗ РФ (19–371 экз./час. трал.), а также в юго-западной части Алеутской котловины (0–219 экз./час. трал.) (рис. 2). Однако эти же значения уловов указывают на то, что полностью оконтурить скопления молоди горбуши у границы ИЭЗ РФ и в Алеутской котловине не удалось. При этом штучные уловы сеголеток на разрезе НИС «ТИНРО» вдоль Карагинского залива свидетельствуют, что при наблюдаемых процессах выхолаживания в Карагинском и Олюторском заливах сеголетки горбуши на момент съемки в основной массе покинули прибрежные воды заливов и прол. Литке (рис. 2, 3).

Сведения по распределению температуры верхнего изотермического слоя воды по судовым и спутниковым данным принципиально сходны (рис. 2). Соотношение величины улова сеголеток горбуши (выраженное натуральным логарифмом) показывает, что наиболее массовые уловы были характерны при температуре воды 8–10 °С (рис. 4). Резкое сокращение величины улова наблюдалось при температуре 6–7 и 11–12 °С.

Судя по распределению температуры верхнего изотермического слоя воды на период начала и окончания съемки, а также по распределению уловов, сеголетки горбуши распространялись из прибрежных районов Карагинского залива в открытые воды широким фронтом. Направление миграций варьировало от северо-восточного до юго-западного. Распределение усредненных линейно-массовых

показателей в целом соответствует этому предположению. Вероятно, что первая (ранняя) часть молоди горбуши мигрировала в северо-восточном и восточном направлениях, чему способствовало распределение температуры воды в конце сентября (см. рис. 3 слева). Молодь этой миграционной ветви в районе к юго-востоку от мыса Олюторского характеризовалась максимальными значениями длины и массы тела (рис. 5). Особи, мигрировавшие из прибрежных вод позже, смещались преимущественно в юго-восточном направлении к Алеутским островам, так как в северной части Берингова моря на конец съемки уже отмечено снижение температуры на 2–3 °С (см. рис. 3 справа). Сравнительно небольшая часть сеголеток горбуши перемещалась в Тихий океан через Камчатский пролив.

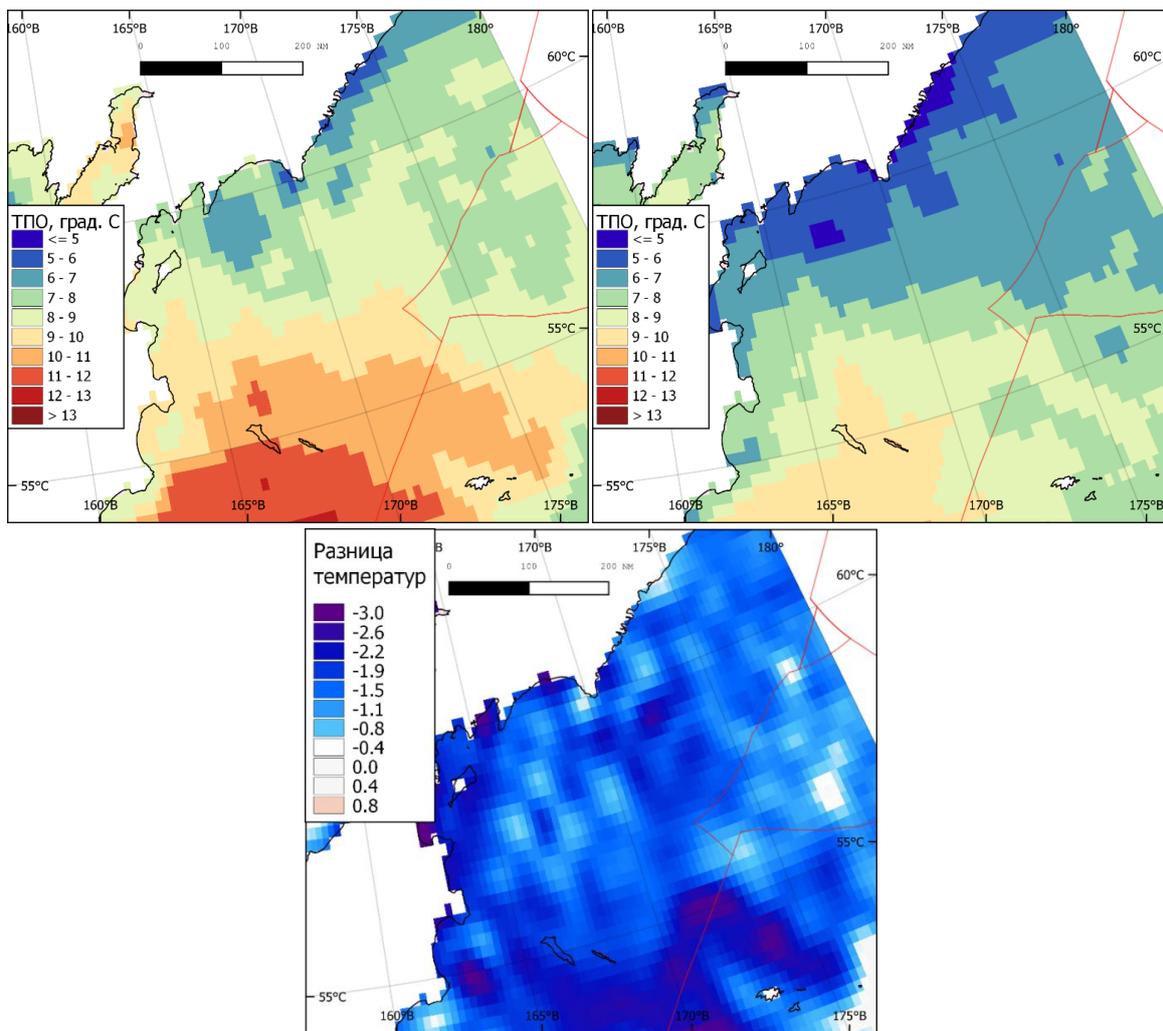


Рис. 3. Распределение температуры поверхности воды в Беринговом море на 25.09.2022 г. (слева) и на 09.10.2022 г. (справа), а также разница температур за указанные даты (снизу). Данные NOAA

Fig. 3. Sea surface temperature in the Bering Sea on September 25, 2022 (upper left panel) and October 9, 2022 (upper right panel) and the temperature difference between these dates (bottom panel), by satellite data of NOAA

Таким образом, максимальные концентрации горбуши были сосредоточены в акватории Командорской котловины (рис. 6) и съемкой удалось удовлетворительно оконтурить основные скопления. Тем не менее, по-видимому, часть карагинской горбуши осталась не охваченной съемкой. Судя по распределению уловов и динамике температурного фона акватории, часть скоплений могла находиться за пределами ИЭЗ РФ в южной части Берингова моря и в центральной части Алеутской котловины в пределах ИЭЗ РФ (см. рис. 2). Общая численность сеголеток горбуши в границах полигона исследований оценена в 790–830 млн экз. при биомассе 61–64 тыс. т.

Рис. 4. Зависимость уловов сеголеток горбуши (натуральный логарифм) от температуры поверхности воды в Беринговом море

Fig. 4. The catches of pink salmon juveniles (natural log scale) dependence on the sea surface temperature in the sites of catches for the Bering Sea

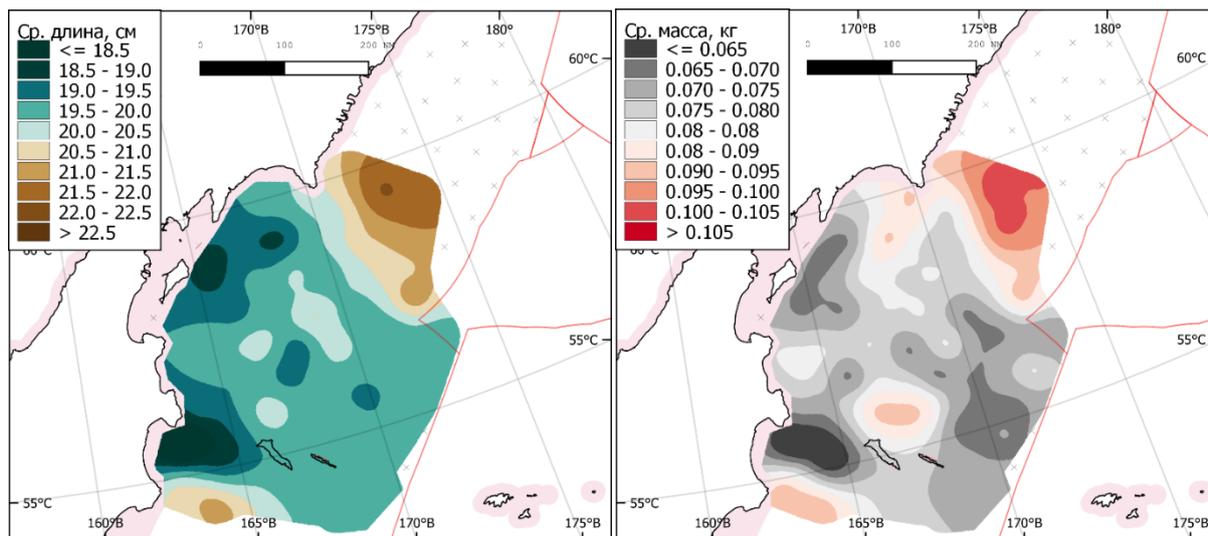
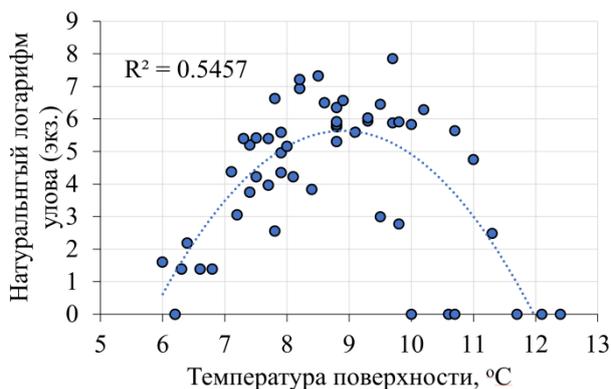


Рис. 5. Распределение линейно-массовых показателей сеголеток горбуши в Беринговом море: **слева** — средняя длина; **справа** — средняя масса

Fig. 5. Spatial distribution for size and weight of pink salmon juveniles in the Bering Sea: **left panel** — mean body length; **right panel** — mean body weight

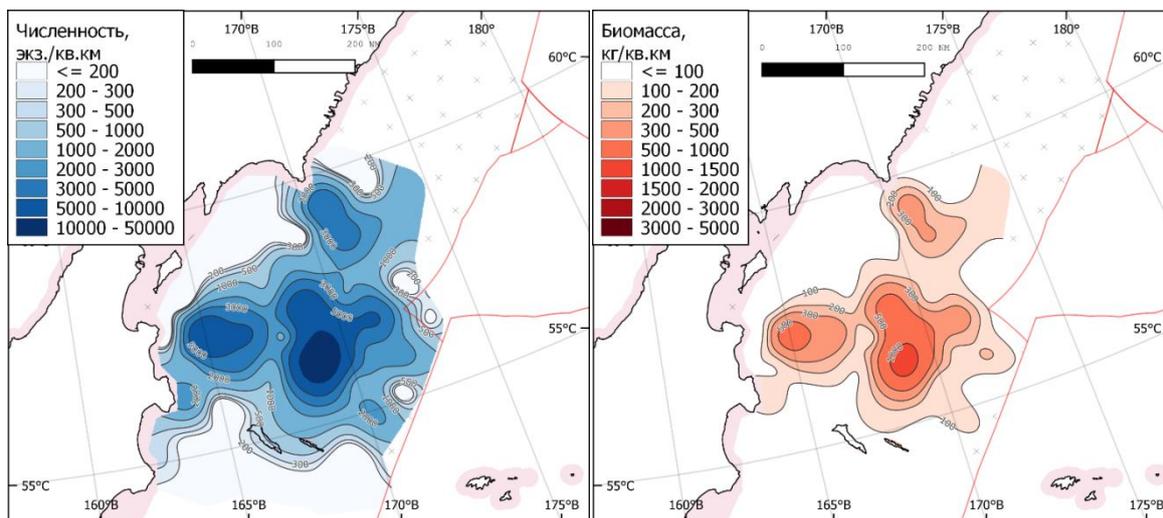


Рис. 6. Распределение сеголеток горбуши в Беринговом море: **слева** — относительная численность (экз./км²); **справа** — относительная биомасса (кг/км²)

Fig. 6. Spatial distribution of pink salmon juveniles in the Bering Sea: **left panel** — abundance (ind./km²); **right panel** — biomass (kg/km²)

Судя по результатам траловых съемок в годы экстравысокочисленных поколений карагинской горбуши (2008, 2010, 2018, 2020 гг.), высокие концентрации сеголеток горбуши ограничивались 60° с.ш. и не были оконтурены у границы ИЭЗ РФ в юго-восточной части Командорской котловины.

Потенциально площадь распространения относительно высоких концентраций сеголеток горбуши за пределами района работ могла составить порядка 120 тыс. км<sup>2</sup> (см. рис. 2 справа). Если предположить концентрацию молоди горбуши в этом районе на уровне значений краевых станций — 1100 экз./км<sup>2</sup>, то численность сеголеток за пределами района работ могла составлять около 130 млн экз. Таким образом, с учетом молоди, предположительно распределенной за пределами района исследований, общая численность сеголеток карагинской горбуши могла достигать 920-960 млн экз. При этом диапазон полученных оценок соответствует экстравысокочисленным поколениям нечетных лет (2008, 2010, 2018, 2020 гг. учёта, рис. 7).

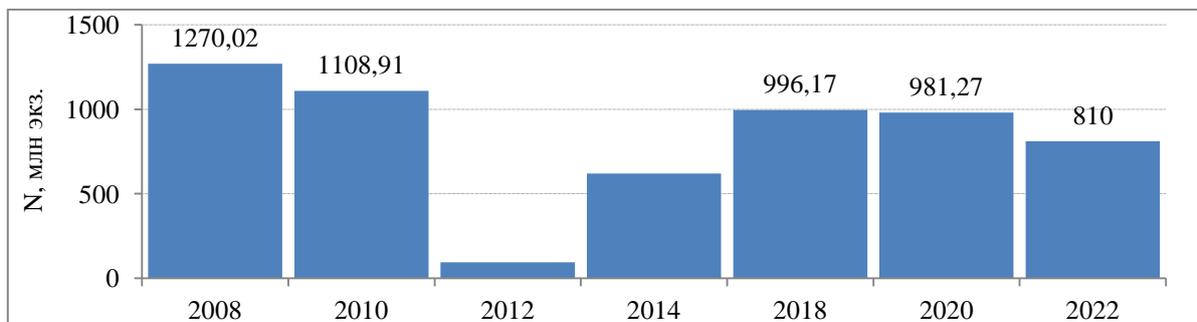


Рис. 7. Динамика численности сеголеток карагинской горбуши нечетной линии воспроизводства по результатам траловых учетных съемок в 2008–2022 гг.

Fig. 7. Long-term dynamics of the odd year-classes abundance for the pink salmon underyearlings belonged to the Karaginsky stock, on the data of trawl surveys in 2008–2022

При уровне численности сеголеток горбуши 810 млн экз. (по факту уловов) численность возврата производителей в 2023 г. по модели «учёт в море — численность подхода» может составлять  $180 \pm 35$  млн экз. Если при расчете возврата учитывать потенциально недоучтенную численность сеголеток на съемке ( $810 + 130$  млн экз.), то оценка численности возврата на 2023 г. достигнет  $210 \pm 41$  млн экз. (рис. 8). Пересекающийся диапазон численности возврата по двум оценкам — 169–216 млн экз. Таким образом, наиболее вероятная численность возврата — 200 млн экз., что при ожидаемой навеске 1,1 кг и вынужденном пропуске в диапазоне 60–70 млн экз. соответствует уровню вылова 140–150 тыс. т. Подход на уровне нижнего оценочного интервала предполагает также и снижение уровня вынужденного пропуска в направлении оптимальных значений. Таким образом, с позиции анализа возможных рисков уровень уловов в 140–150 тыс. т представляется наиболее предпочтительным.

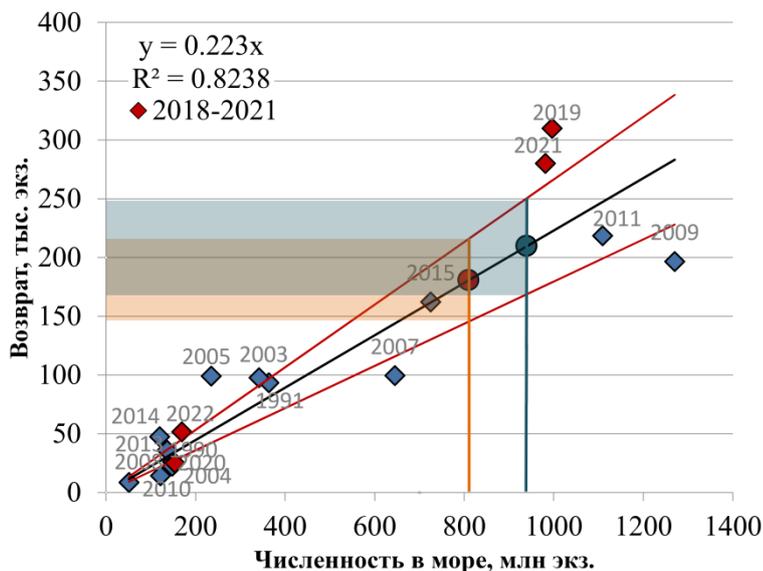


Рис. 8. Зависимость подходов горбуши от результатов учетной осенней съемки сеголеток в Беринговом море. Цифрами обозначены годы возврата; красными линиями — 25 %-ные отклонения от линии регрессии; красным кружком — фактическая учетная численность; зеленым — численность с учетом необследованной акватории. Оранжевыми линиями отмечен диапазон численности предполагаемого возврата

Fig. 8. Relationship of pink salmon returns to the Bering Sea rivers with the juveniles abundance assessed by fall trawl surveys. Numbers indicate the years of return; red circle — actual assessed number of juveniles in 2022; green circle — supposed number of juveniles in 2022, taking into account

the unsurveyed water area; orange lines mark the range of expected returns including the uncertainty because of unsurveyed area and 25 % deflections from the regression shown by red lines

### Охотское море

НИС «Профессор Кагановский» начал работу 11.10.2022 г. в районе 4-го Курильского пролива и галсами продвигался в северном направлении в пределах восточной половины района работ (рис. 9). НИС «ТИНРО» приступил к работе 12.10.2022 г. с выполнением параллельного разреза и последующей работе в западной половине моря. Такая конфигурация съемки с использованием двух судов в последние годы позволяет охватить район работ в более сжатые сроки, а также учесть горбушу разных региональных стад до образования полностью смешанных скоплений. Отсутствие существенных задержек из-за погодных условий и удачно спланированный маршрут движения судов позволили избежать значительных интервалов между разрезами. Наибольшая разница по времени выполнения смежных станций — 5–7 сут — была на разрезах к востоку и западу от центрального анклава, на большей части района работ интервал между разрезами не превышал 4 сут. Для сравнения, в 2021 г. из-за неблагоприятных погодных условий интервал между отдельными разрезами достигал 10 сут и более.

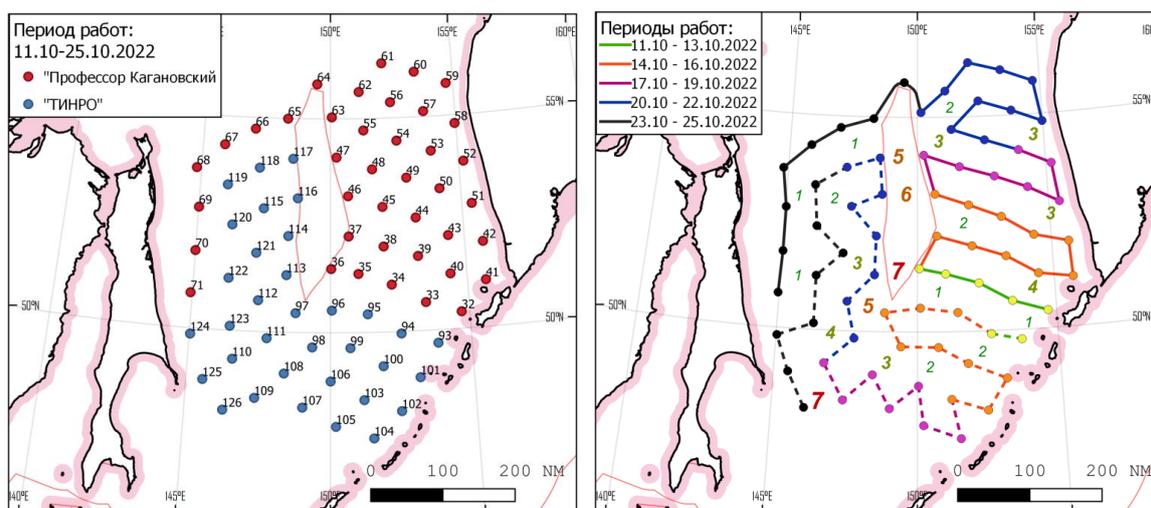


Рис. 9. Схема тралений в Охотском море (слева) и разбивка работ по временным отрезкам (справа). Цифрами между разрезами указана разница в днях

Fig. 9. Scheme of trawling in the Okhotsk Sea (left panel) and schedule of the vessels route (right panel). Numbers between the transects indicate time intervals in days

Уловы НИС «Профессор Кагановский» по мере продвижения судна на север существенно возрастали и достигали величин 1500–4000 экз./час. трал. в районе центрального анклава, при направлении к берегу уловы снижались (рис. 10). Следовательно, большая часть сеголеток горбуши на момент съемки уже покинула прибрежные воды западной Камчатки и активно осваивала открытые морские пространства. Большие уловы сеголеток в районе работ НИС «Профессор Кагановский» отмечены вплоть до 56° с.ш. Лишь на самых северных станциях было зафиксировано резкое снижение величины улова, свидетельствующее об отсутствии значимых концентраций за пределами охваченной съемкой акватории.

НИС «ТИНРО», который отрабатывал западную часть полигона работ, оконтурил концентрации сеголеток с юга в районе повышенных температур верхнего изотермического слоя (рис. 10). Основные уловы НИС «ТИНРО» также были приурочены к району центрального анклава и достигали 900–2682 экз./час. трал. В самой западной части района работ у восточного побережья о. Сахалин также было зафиксировано снижение уловов.

Судя по распределению уловов сеголеток горбуши в северной части района работ — основные скопления удалось оконтурить в ходе съемки. Предположительно за пределами района работ находилось не более 5 % всех сеголеток горбуши в Охотском море.

В сравнении с 2020 и 2021 гг. в 2022 г. процесс осеннего выхолаживания вод начался раньше, однако в юго-западной части моря располагалась область повышенной температуры воды (11–13 °С).

Вначале работ температура верхнего изотермического слоя воды в районе исследований находилась в пределах 7–10 °С. К концу съемки общие контуры распределения температуры сохранились, при этом существенное снижение отмечено в северо-восточной части района работ — 2,5–3,0 °С (рис. 11). В целом данные по распределению температуры поверхности воды в районе исследований по судовым и спутниковым наблюдениям сходны.

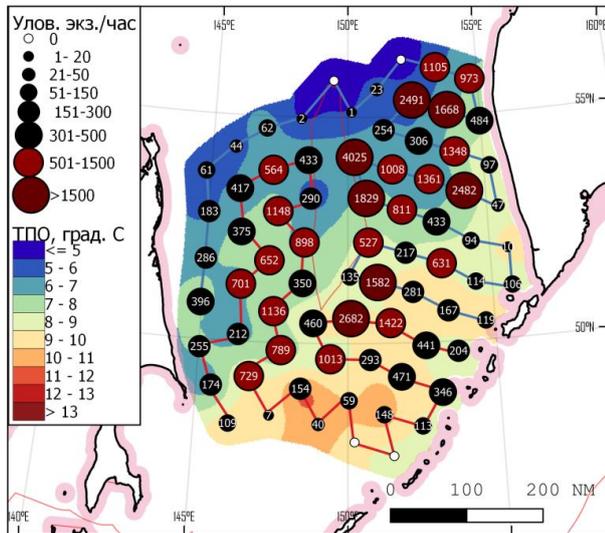


Рис. 10. Распределение уловов сеголеток горбуши в Охотском море на фоне температуры поверхности по рейсовым данным

Fig. 10. Catches of pink salmon juveniles in the Okhotsk Sea on the background of the sea surface temperature by the survey data (color scale)

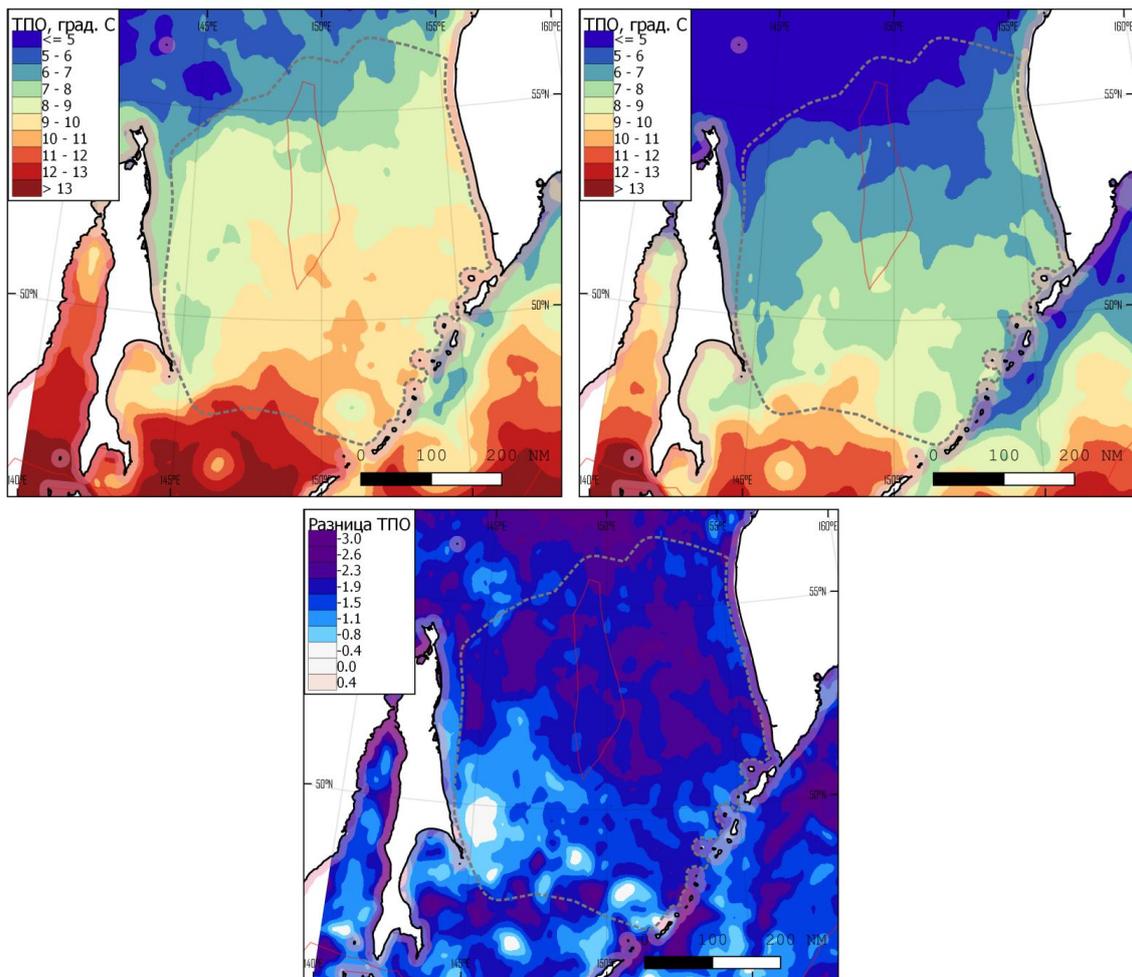


Рис. 11. Распределение ТПО на 11.10.2022 г. (слева), на 25.10.2022 г. (справа) и разница температур за указанные даты (снизу). Пунктиром обозначен район работ. Данные ЖМА

Fig. 11. Sea surface temperature in the Okhotsk Sea on October 11, 2022 (upper left panel) and October 25, 2022 (upper right panel) and the temperature difference between these dates (bottom panel), by JMA data. Dotted line indicates the surveyed area

Сеголетки горбуши и кеты присутствовали в уловах при температуре поверхности от 5,0 до 11,0 °С, при этом основные уловы отмечены в температурном диапазоне 7–9 °С (рис. 12). Характерно, что на графике зависимости уловов сеголеток горбуши от температуры (рис. 12) заметна область высоких уловов в северо-восточной части района работ при относительно низких температурах (5–7 °С). Вероятно, что при быстрых темпах охлаждения верхнего изотермического слоя сеголетки горбуши в этом районе не успевали своевременно мигрировать в центральную и южную части моря.

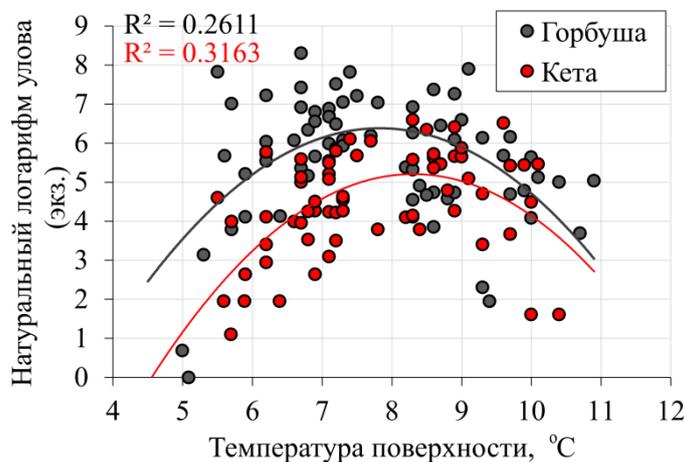


Рис. 12. Зависимость уловов сеголеток горбуши и кеты от температуры поверхности воды

Fig. 12. The catches of pink and chum salmon juveniles (natural log scale) dependence on the sea surface temperature for the Okhotsk Sea

Общая численность сеголеток горбуши осенью 2022 г. оценена в 2579 млн экз. Это второй по величине показатель после 2017 г. (2,7 млрд экз.) и максимальный для поколений горбуши нечетных лет (рис. 13). Данный уровень численности соответствует возврату в 2023 г. не менее 270 млн экз. (рис. 14) и вылову 240 тыс. т. Несмотря на более быстрые темпы охлаждения Охотского моря по сравнению с 2020 и 2021 гг., распределение численности и биомассы сеголеток горбуши, а также распределение их линейно-массовых показателей указывает на некоторую пространственную изолированность мест основных концентраций, которые, по всей видимости, имели различное региональное происхождение.

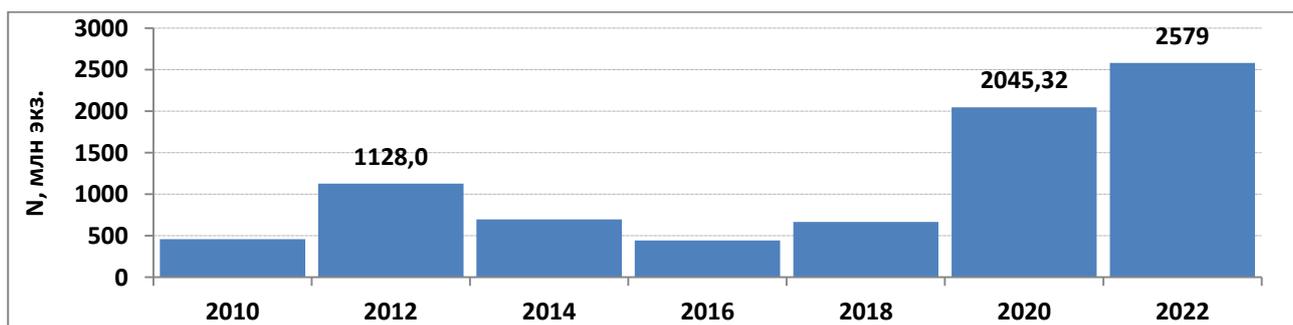


Рис. 13. Динамика численности сеголеток охотоморской горбуши нечетной линии воспроизводства по результатам траловых учетных съемок в 2010–2022 гг.

Fig. 13. Long-term dynamics of the odd year-classes abundance for the pink salmon underyearlings, on the data of trawl surveys in the Okhotsk Sea in 2010–2022

Значительные концентрации сеголеток в северо-восточной части района работ характеризовались относительно низкими показателями средней длины (не более 23–24 см) и массы тела (не более 150–160 г), и эта горбуша могла принадлежать к северной группировке стад (материковое побережье Охотского моря и западная Камчатка). В южной части Охотского моря сеголетки горбуши характеризовались повышенными показателями средней длины (более 24 см) и массы тела (более 150 г) и могли

иметь происхождение преимущественно из рек восточного Сахалина и южных Курильских островов. Одной из приоритетных задач анализа учетных траловых работ является разделение смеси крупных группировок региональных стад в Охотском море («северные» стада — западной Камчатки и материкового побережья Охотского моря (МПОМ) и «южные» стада — восточного Сахалина и южных Курильских островов). Дифференциация смешанных скоплений проведена на основе распределения индивидуальной массы самок (без внутренностей) в районе проведенных работ. Для достоверной интерпретации полученных результатов количество проанализированных особей молоди горбуши из каждого траления было приведено к общему количеству рыб в улове. Продолжительность работ в Охотском море составила около двух недель, за это время размеры и масса тела молоди увеличивались. Анализ особей выловленных на разных этапах экспедиции проводился с использованием поправочного коэффициента, учитывающего суточный прирост массы в 1,9 г [Лаженцев, Мазникова, 2014]. Применение метода EM-кластеризации позволило нам выделить две группировки: более мелкие особи («северные» стада) со средней массой самок (пересчитанной на время начала съемки)  $75 \pm 15$  г и более крупные особи («южные» стада) со средней массой (на время начала съемки)  $128 \pm 20$  г. (рис. 15). Соотношение данных группировок в смешанных скоплениях составило 55/45 % в пользу «северных» стад.

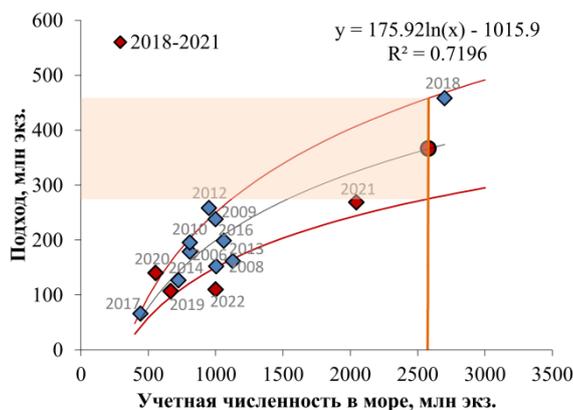


Рис. 14. Зависимость подходов горбуши от результатов учетной осенней съемки сеголеток в Охотском море. Красным цветом обозначены годы учета двумя судами, синим — одним судном. Оранжевым выделен диапазон численности предполагаемого возврата. Красный кружок — учетная численность горбуши в 2022 г.

Fig. 14. Relationship of pink salmon returns to the Okhotsk Sea rivers with the juveniles abundance assessed by fall trawl surveys. Red dots — results of the fall surveys by 2 vessels; blue dots — results of the fall surveys by 1 vessel; orange lines mark the range of expected returns; red circle — the juveniles abundance in 2022

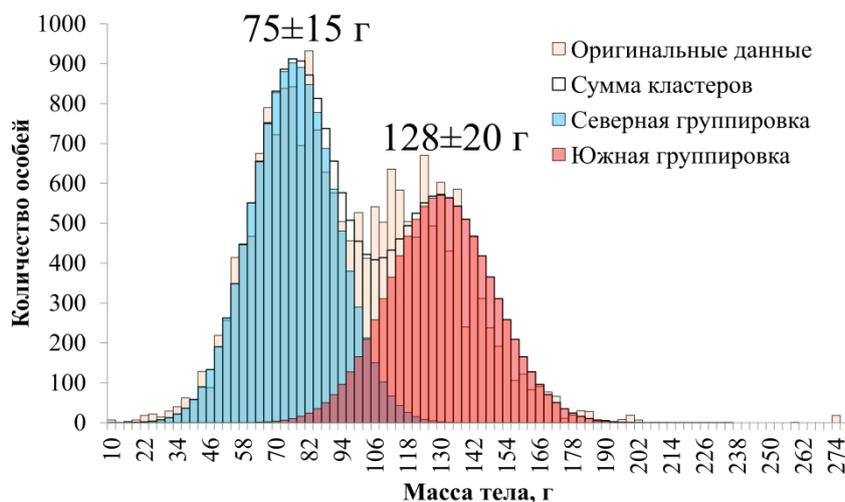


Рис. 15. Распределение количества учтенной в Охотском море в 2022 г. молоди горбуши по массе самок (без внутренностей)

Fig. 15. Distribution of body weight (without entrails) for juvenile females of pink salmon in the Okhotsk Sea in 2022

По предварительным оценкам численность возврата северной группировки горбуши в 2023 г. составит 150 млн экз. (вылов — 130 тыс. т), возврат южной группировки — 120 млн экз. (вылов — 110 тыс. т).

В зонах, надежно маркирующих сезонные формы (рис. 16), сконцентрировано около 80 % всей оцененной молодежи, из них по предварительной оценке около 135 млн особей принадлежит к ранней форме, и не менее 80–85 млн — к поздней. Пространственное распределение сеголеток горбуши северной и южной форм (рис. 16) совпадает с вихревыми структурами основных охотоморских течений (рис. 17). Абсолютно все плотные агрегации вписаны в круговороты и однозначно трактуются по районам происхождения, по крайней мере концептуально, тем самым в определенной степени подтверждая корректность применяемого подхода.

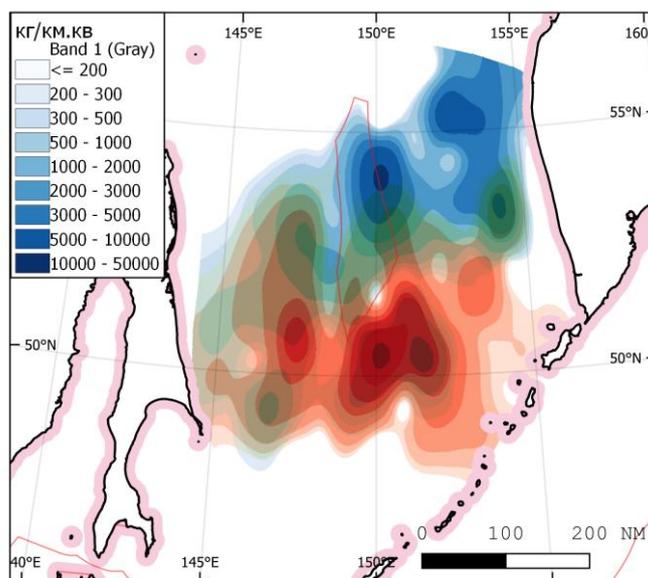


Рис. 16. Пространственное распределение горбуши «северных» (синие цвета) и «южных» (красные цвета) сезонных форм. Зеленый цвет — зона смешения

Fig. 16. Spatial distribution of pink salmon belonged to the «northern» (blue colors) and «southern» (red colors) seasonal forms. The mixing zone is shown by green colors

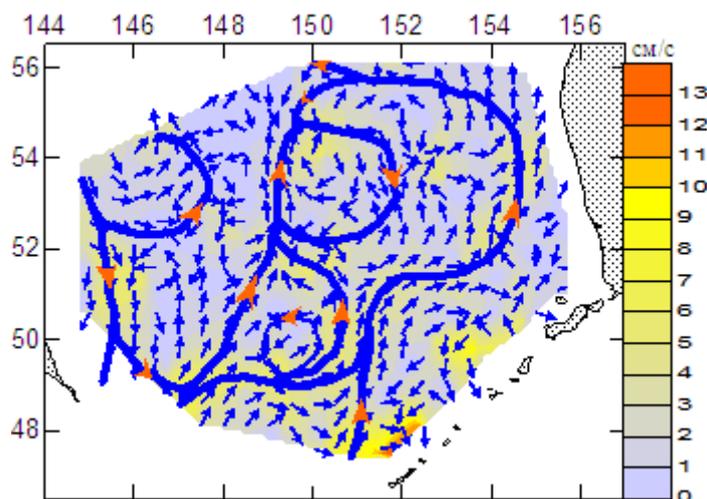


Рис. 17. Геострофическая циркуляция вод на поверхности в Охотском море в октябре 2022 г. по данным экспедиционных исследований, синими линиями выделены направления основного переноса воды

Fig. 17. Geostrophic circulation at the Okhotsk Sea surface relative to the surface 1000 db in October 2022, by the survey data. Blue line with red arrows indicate the main currents

### Заключение

Осенние морские траловые съемки, выполненные ТИНРО в 2022 г., позволили оценить численность сеголеток горбуши в Беринговом море на уровне 810–930 млн экз., что подразумевает возврат в

Карагинский залив в 2023 г. на уровне 200 млн экз. и вылов на уровне 140 тыс. т. В Охотском море численность сеголеток оценена в 2,6 млрд экз. — второй результат (после 2017 г.) за все время наблюдений, такая величина предполагает общий возврат на бассейн в 2023 г. на уровне не менее 270 млн экз. и вылов 240 тыс. т. Соотношение численности региональных группировок по результатам EM-кластеризации составило 55/45 % в пользу северных стад (западная Камчатка и материковое побережье). Таким образом, предварительно возврат северной группировки горбуши в 2023 г. оценивается в 150 млн экз., а вылов — на уровне 130 тыс. т, возврат южной группировки в 2023 г. — 120 млн экз., вылов — 110 тыс. т.

### **Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)**

Выражаем благодарность экипажам и научным группам 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 Kaganovsky for their diligent work and high-quality collection of primary research materials.

### **Финансирование работы (FUNDING)**

Работа выполнена по личной инициативе, без дополнительного финансирования.

The study was initiated personally, without additional funding.

### **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 В.А. Шевляков.

The primary materials for the study were collected by A.N. Starovoytov and V.A. Shevlyakov. All authors jointly analyzed the data, discussed the results, wrote and edited the text of the manuscript.

### **Список литературы**

**Лажнецв А.Е., Мазникова О.А.** Сеголетки горбуши и кеты южной части Охотского моря в поздне-морской период (август-октябрь 2012 г.). Распределение, питание, закономерности роста // Изв. ТИНРО. — 2014. — Т. 176. — С. 51–61. DOI: 10.26428/1606-9919-2014-176-51-61.

**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.

**Шевляков Е.А., Сомов А.А., Шевляков В.А. и др.** Промысел горбуши в Дальневосточном рыбопромысловом бассейне в 2022 г.: предварительные исследования, прогноз, интерпретация итогов путины // Наст. бюллетень.

**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.

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

*Поступила в редакцию 19.01.2023 г.*

*После доработки 15.02.2023 г.*

*Принята к публикации 3.04.2023 г.*

*The article was submitted 19.01.2023; approved after reviewing 15.02.2023; accepted for publication 3.04.2023*