

Научная статья  
УДК [597.552.511.087:534.6](282.257.5)  
DOI: 10.26428/losos\_bull19-2025-83-89  
EDN: CUQDHP

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ *ONCORHYNCHUS* ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ В БАССЕЙНЕ РЕКИ АМУР

Е.В. Подорожнюк<sup>1</sup>, А.И. Дёгтев<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Хабаровский филиал ВНИРО (ХабаровскНИРО), 680038, г. Хабаровск, Амурский бульвар, 13а;

<sup>2</sup> ООО «ПромГидроакустика», 185034, г. Петрозаводск, пер. 4-й Родниковый, 17

**Аннотация.** Представлены результаты оценки подходов тихоокеанских лососей в р. Амгунь при проведении гидроакустических исследований в бассейне р. Амур за период 2022–2024 гг. Исследования проводились программно-техническим комплексом «NetCor-3». В ходе проведения исследований надежным гидроакустическим методом была отработана методика гидроакустической регистрации рыб в условиях водотоков бассейна р. Амур и сделан выбор технических параметров аппаратуры, приемлемых к условиям проведения на учетном створе.

**Ключевые слова:** тихоокеанские лососи, горбуша, кета летняя, кета осенняя, гидроакустический метод, река Амур, река Амгунь, «NetCor-3», гидроакустика

**Для цитирования:** Подорожнюк Е.В., Дёгтев А.И. Количественная оценка тихоокеанских лососей *Oncorhynchus* гидроакустическим методом в бассейне реки Амур // Бюл. изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО, 2025. — № 19. — С. 83–89. DOI: 10.26428/losos\_bull19-2025-83-89. EDN: CUQDHP.

Original article

### Quantitative assessment of pacific salmon *Oncorhynchus* by acoustic method in the Amur River basin

Elena V. Podorozhnyuk\*, Andrej I. Degtev\*\*

\* Khabarovsk branch of VNIRO (KhabarovskNIRO), 13a, Amursky Blvd, Khabarovsk, 680038, Russia

\*\* PromGidroacustica LLC, 17, 4<sup>th</sup> Rodnikovoy Lane, Petrozavodsk, 185034, Russia

\* head of laboratory, podorozhnyuk@khabarovsk.vniro.ru, ORCID 0000-0001-9545-6796

\*\* Ph.D., head, andrej-degtev@yandex.ru, ORCID 0000-0003-4885-3970

**Abstract.** Assessment of the pacific salmon run to the Amgun River in 2022–2024 by acoustic method is presented. The NetCor-3 software and hardware complex was used. A technique for sonar registration of fish was developed and tested in conditions of the Amur River basin. Optimal technical parameters of the equipment for the fish counting at the registration site were determined.

**Keywords:** pacific salmon, pink salmon, summer chum salmon, autumn chum salmon, acoustic method, Amur River, Amgun River, NetCor-3, sonar

**For citation:** Podorozhnyuk E.V., Degtev A.I. Quantitative assessment of pacific salmon *Oncorhynchus* by acoustic method in the Amur River basin, *Bulletin on the study of Pacific salmon in the Far East*, Vladivostok: TINRO, 2025, no. 19, pp. 83–89. (In Russ.). DOI: 10.26428/losos\_bull19-2025-83-89. EDN: CUQDHP.

### Введение

Основными районами воспроизводства тихоокеанских лососей в границах Хабаровского края являются бассейн р. Амур, реки побережья Охотского моря и северо-западного побережья Татарского пролива. Среди этих промысловых районов р. Амур занимает особое положение, как в силу истори-

---

\* Подорожнюк Елена Владимировна, заведующая лабораторией, podorozhnyuk@khabarovsk.vniro.ru, ORCID 0000-0001-9545-6796; Дёгтев Андрей Игоревич, кандидат технических наук, директор, andrej-degtev@yandex.ru, ORCID 0000-0003-4885-3970.

ческих особенностей, так и благодаря современным условиям экологической, промысловой и социальной обстановки.

Рациональное использование запасов тихоокеанских лососей требует своевременного получения сведений о численности их подходов к нерестовым рекам. Данная величина складывается из данных об объемах вылова и сведений о численности прошедших на нерест рыб.

Традиционно ученые ХабаровскНИРО (ХфТИНРО) численность пропущенных на нерест производителей амурских тихоокеанских лососей оценивали при помощи мечения навесными метками [Пасечник, Шмигирилов, 2008]. Для снижения зависимости исследований от вылова на ставных неводах, расположенных в Амурском лимане и в приустьевой части р. Амур, и для обеспечения получения оперативной информации в 2022–2024 гг. перешли к гидроакустическому методу оценки пропущенных на нерест производителей кеты и горбуши в один из главных основных притоков р. Амур — р. Амгунь. Для выполнения работ использовали отечественный гидроакустический комплекс «NetCor-3». Экспериментальные исследования были выполнены в протоках Тахтинская и Дальжинская. Через эти протоки в р. Амгунь на нерест проходят не менее 50 % тихоокеанских лососей.

Цель работы — представить первые результаты гидроакустической оценки численности пропущенных на нерест тихоокеанских лососей с помощью гидроакустических средств, а также оценить перспективы гидроакустического комплекса «NetCor-3» как элемента системы мониторинга.

### Материалы и методы

Исследования были выполнены при помощи гидроакустического программно-технического комплекса «NetCor-3» (Пат. РФ № 82357, ООО «ПромГидроакустика»). Основное его назначение — количественная оценка рыб, мигрирующих через сканируемое сечение реки с возможностью восстановления распределения силы цели зарегистрированных одиночных рыб и статистически значимого определения направления их движения в грациях вверх-вниз по течению. Комплекс состоит из сети плавучих гидроакустических высокочастотных многолучевых станций, связанных по радиоканалу пакетной передачи данных с береговой компьютеризированной контрольно-измерительной системой. Радиопередача ведется в нелицензируемом диапазоне радиочастот ISM 2,4 ГГц. Акустическое зондирование может осуществляться в горизонтальной плоскости под любым заданным углом к поверхности воды или вертикально в направлении дна или поверхности воды. Набор плавучих станций образует неподвижную зону регистрации в выбранном для наблюдения сечении реки. Рыба в своем естественном движении пересекает эту зону и происходит гидроакустическая регистрация проходящей рыбы. Программное управление позволяет с персонального компьютера (ноутбука) устанавливать режимы работы комплекса, осуществлять ввод и хранение данных цифрового представления эхосигнала, а также координат местоположения через порт USB. Основные характеристики комплекса «NetCor-3»:

- рабочая частота 455 кГц;
- максимальная дальность регистрации в горизонтальном режиме одиночной рыбы с силой цели 50 дБ — 30 м;
- дистанция устойчивой радиосвязи — до 600 м;
- дистанция предельной радиосвязи — до 1000 м;
- число плавучих гидроакустических станций в сети — до 16 ед.;
- математическое обеспечение системы состоит из программы управления комплексом и сбора данных с сети плавучих гидроакустических станций в реальном времени и программы камеральной обработки данных в отложенном времени на компьютерах платформы x86 под управлением ОС «Windows» семейства NT.

На рис. 1 представлена установка одной из плавучих станций в русле водотока. Гидроакустические станции размещали на плавучих платформах (в нашем случае — на базе стеклопластиковой

лодки «Онего-240»), зафиксированных якорями. Таким образом, гидроакустический комплекс — это сеть автономных станций, расположенных на пяти плавучих платформах с установленными десятью модулями и управляемых по радиоканалу (рис. 2).



Рис. 1. Установка плавучей станции  
Fig. 1. Installation of the floating station



Рис. 2. Схема расстановки акустического комплекса в протоке Тахтинской в 2022 г.  
Fig. 2. Scheme of sonar complex mounted in the Takhtinskaya channel in 2022

Рыбы, с точки зрения акустики, являются сложными полупрозрачными отражающими объектами с неоднородной внутренней структурой. Так, например, общий коэффициент отражения рыбы может складываться из отражения от мяса (1,2–6,0 %), от костей (25,0 %) и от плавательного пузыря (50,0 %), хотя его объем составляет только около 5,0 % общего объема тела рыбы. Кроме того, рыбы, в силу особенностей своего внешнего и внутреннего строения, обладают неравномерностью отражательной способности по различным направлениям [Юданов и др., 1984; Борисенко, 2008; Дегтев и др., 2012]. В настоящее время накоплен большой объем информации о силе цели разных объектов при различном аспекте облучения, в том числе — траверзном. Так, в работе Лиля с соавторами [Lilja et al., 2000] приведен набор регрессий для бокового аспекта облучения, а на рис. 3 представлены графики и параметры зависимостей для разных рыб.

При выполнении исследования была использована зависимость для траверзного обзора лососевых рыб:  $25,6 \times Lg(L) - 72,8$ , где  $L$  — длина рыбы, см.

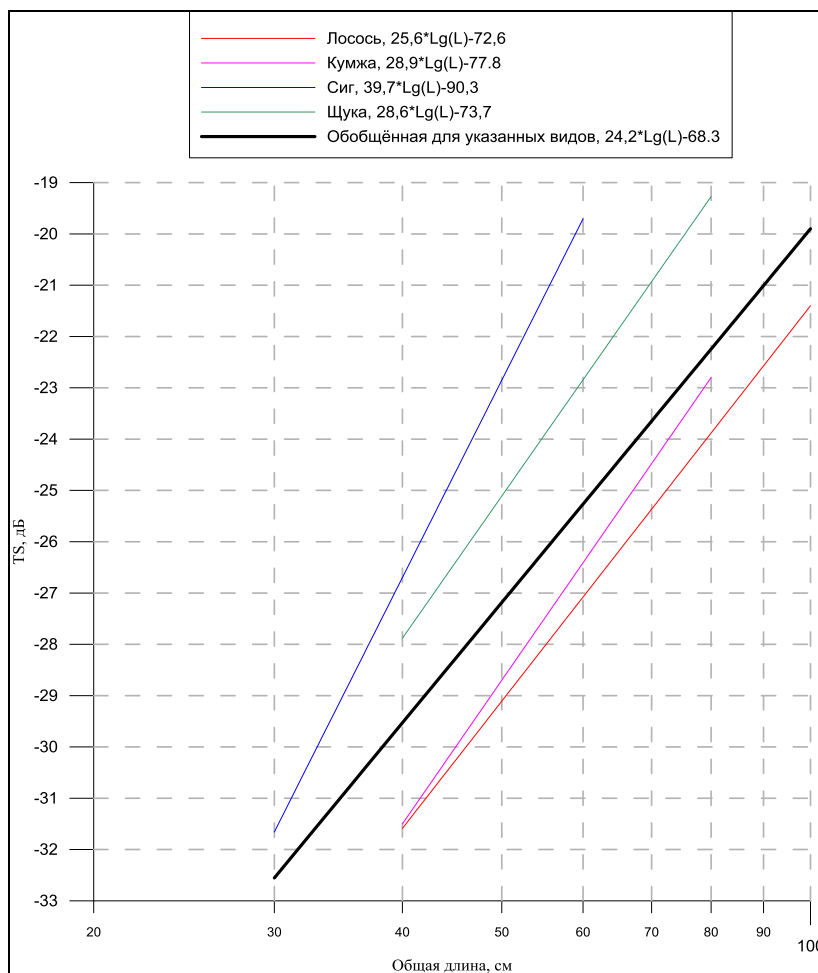


Рис. 3. Графики и параметры зависимостей длина — сила цели для бокового аспекта облучения различных видов рыб

Fig. 3. Fish length vs target strength dependence for the side aspect of irradiation, by fish species

Для видовой идентификации тихоокеанских лососей, проходивших через гидрологический створ, использовали плавные и ставные жаберные сети.

Для размещения гидроакустической аппаратуры был выбран участок р. Амгунь с ровным дном, ламинарным течением, слабо подверженный влиянию паводков, по которому большая часть производителей тихоокеанских лососей мигрировала в одном направлении — вверх по течению. Тем не менее в бассейне р. Амгунь преобладает дождевое питание в стоке (60–80 %), и в период исследований подъем уровня воды, обусловленный обильными дождями, при прохождении паводка в 2024 г. носил интенсивный характер, достигая в районе работ от 20 до 60 см за сутки. В связи с чем скорость течения изменялась от 1,2 до 3,6 км/ч.

### Результаты и их обсуждение

В 2022 г. экспериментальные работы по оценке численности проходящих на нерест производителей осенней кеты с помощью гидроакустического программно-технического комплекса «NetCor-3» были выполнены в протоке Тахтинской в период с 27 августа по 6 сентября 2022 г. По результатам эксперимента численность 31 августа составила 900 экз., 1 сентября — 1734, 2 сентября — 750, 3 сентября — 1867, 5 сентября — 1089 экз., всего — 6340 экз.

Учитывая положительный опыт гидроакустических исследований в 2022 г., в 2023 г. период их выполнения в протоке Тахтинской был расширен, что позволило охватить большую часть нерестового хода горбуши и кеты. За время исследований была выполнена настройка интенсивности звукового сигнала. Как следствие, работы проводили в диапазоне от –32 до –25 дБ, что позволило оце-

нить численность рыб длиной тела от 40 до 74 см. Обобщенные результаты оценки численности рыб, прошедших вверх по течению через акустический створ, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты оценки численности осенней кеты, проходившей через протоку Тахтинскую со 2 июля по 11 сентября 2023 г.

Table 1

Number of autumn chum salmon passed through the Takhtinskaya channel from July 2 to September 11, 2023

Показатель	Значение
Длительность наблюдения, дни	72
Общая численность за весь период наблюдения, тыс. экз.	134,6
Дата максимальной численности за сутки и значение, экз.	23 августа 2023 г., 5728
Дата минимальной численности за сутки и значение, экз.	12 июля 2023 г., 514
Средняя численность рыб, прошедших за одни сутки, экз.	1869 ± 388 ( $\alpha = 0,05$ )
Средняя численность рыб, прошедших за один час, экз.	78

В 2024 г. для охвата 80 % времени миграции тихоокеанских лососей на нерест экспериментальные работы были выполнены с 25 июня по 15 сентября. При этом гидроакустический створ был перенесен в протоку Дальжинскую (рис. 4). В табл. 2 представлен обобщенный результат оценки численности рыб длиной 40–74 см, прошедших вверх по течению через акустический створ и соответствовавших силе цели в диапазоне от –32 до –25 дБ.



Рис. 4. Карта-схема участка проведения наблюдений, 2024 г. Маркером отмечено место размещения гидроакустического створа

Fig. 4. Scheme of the registration site in 2024. The acoustic transect is marked

Таблица 2

Результаты оценки численности осенней кеты, проходившей через протоку Дальжинскую с 25 июня по 15 сентября 2024 г.

Table 2

Number of autumn chum salmon passed through the Dalzhinskaya channel from June 25 to September 15, 2024

Показатель	Значение
Длительность наблюдения, дни	83
Общая численность за весь период наблюдения, тыс. экз.	43,6
Дата максимальной численности за сутки и значение, экз.	14 июля 2024 г., 3462
Дата минимальной численности за сутки и значение, экз.	8 июля 2024 г., 14
Средняя численность рыб, прошедших за одни сутки, экз.	526 ± 141 ( $\alpha = 0,05$ )
Средняя численность рыб, прошедших за один час, экз.	22

Характерная эхограмма гидроакустической регистрации одиночных крупных рыб в условиях реверберационных помех от неоднородностей среды на течении (аэрация, турбулентность) представлена на рис. 5. Эти же данные, но после цифровой фильтрации, приведены на рис. 6.

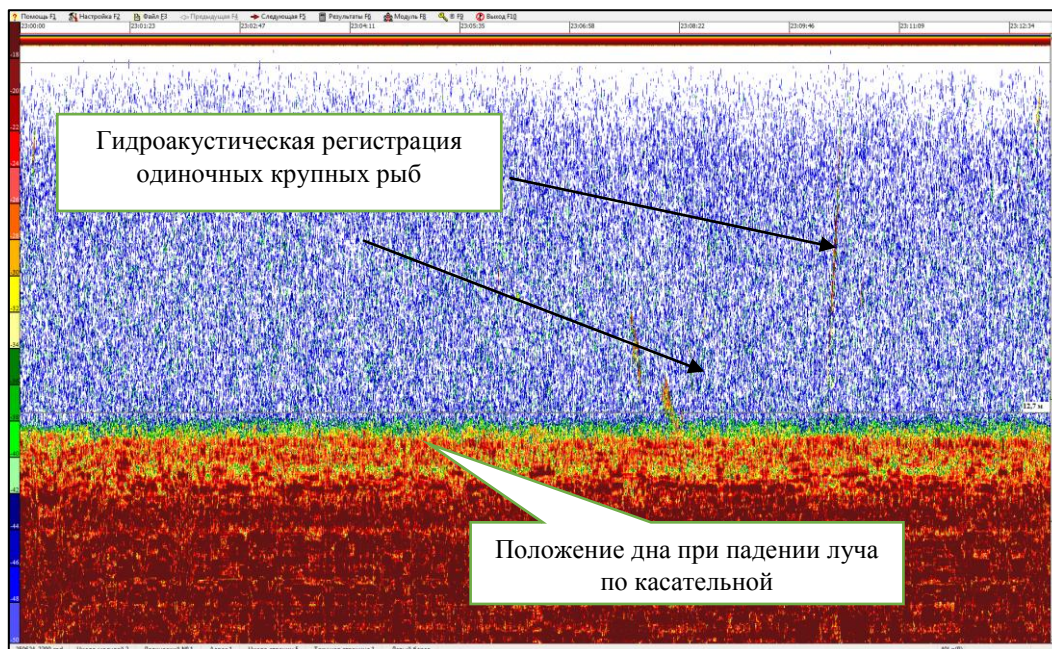


Рис. 5. Характерная эхограмма гидроакустической регистрации одиночных экземпляров крупных рыб  
Fig. 5. Typical echogram of acoustic registration for single specimens of large-sized fish

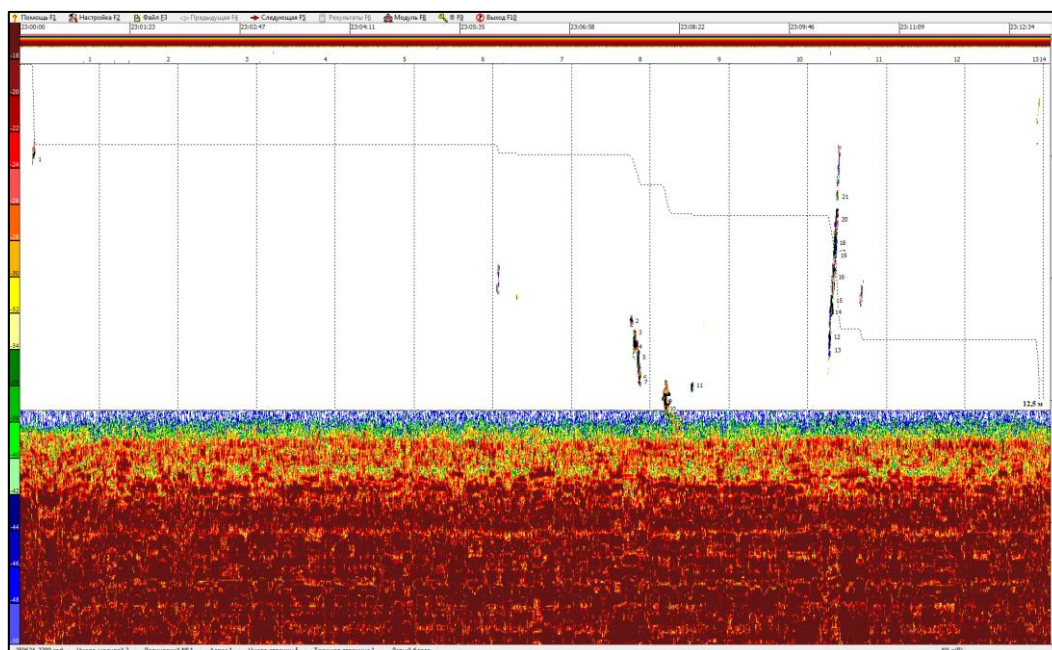


Рис. 6. Эхограмма гидроакустической регистрации одиночных экземпляров крупных рыб после фильтрации  
Fig. 6. The same echogram of acoustic registration for single specimens of large-sized fish after filtration

### Заключение

Экспериментальные исследования, выполненные в бассейне р. Амур, показали пригодность отечественного гидроакустического комплекса «NetCor-3» для оценки численности мигрирующих на нерест тихоокеанских лососей на участках со скоростью течения до 3,6 км/ч и повышенными уровнями воды. Вместе с тем гидроакустический метод не позволяет определять видовую принадлежность тихоокеанских лососей, и для получения дискретных оценок в отношении горбуши, летней и

осенней кеты исследования обязательно необходимо сопровождать обловами мигрирующих рыб при помощи ставных и плавных сетей.

### **Благодарности (ACKNOWLEDGMENT)**

Авторы искренне благодарны экипажу научно-исследовательского судна «БИОС», а именно: капитану В.А. Гавриленко, мотористу Д.А. Третьякову, принимавшим участие в установке и обслуживании гидроакустического комплекса.

The authors are sincerely grateful to the crew of RV BIOS represented by Captain V.A. Gavrilenko and motorist D.A. Tretyakov for their assistance in installation and maintenance of the sonar complex.

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

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study had no sponsorship.

### **Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)**

Все приемлемые национальные, институциональные и международные этические принципы соблюдены. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

All applicable national, institutional and international ethical guidelines are implemented. The authors declare that they have no conflict of interest.

### **Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)**

А.И. Дегтев — разработка гидроакустического комплекса «NetCor», тестирование и внедрение системы в бассейне р. Амур, написание статьи; Е.В. Подорожнюк — планирование работ, общее руководство, сбор, обработка и анализ полученных данных, написание статьи.

A.I. Degtev — developed the NetCor sonar complex, tested and implemented the complex in the Amur River basin, wrote and illustrated the text; E.V. Podorozhnyuk — planned and managed the study, collected, processed and analyzed the data, wrote and illustrated the text.

### **Список литературы**

**Борисенко Э.С.** Измерение силы цели рыб «in situ» с помощью сканирующих гидроакустических систем // Гидроакустические исследования на внутренних водоемах : мат-лы Всерос. конф. — Борок : Принтхаус, 2008. — С. 12–19.

**Дегтев А.И., Шевляков Е.А., Малых К.М., Дубынин В.А.** Опыт оценки численности молоди и производителей тихоокеанских лососей гидроакустическим методом на путях миграции в пресноводных водоемах // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 170. — С. 113–135.

**Пасечник О.И., Шмигирилов А.П.** Оценка численности амурской кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) по результатам мечения // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. — Владивосток : Дальнаука, 2008. — Вып. 4. — С. 294–303.

**Юданов К.И., Калихман И.Л., Теслер В.Д.** Руководство по проведению гидроакустических съемок. — М. : ВНИРО, 1984. — 124 с.

**Lilja J., Marjomaki T.J., Riikonen R., Jurvelius J.** Side-aspect target strength of Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), whitefish (*Coregonus lavaretus*) and pike (*Esox lucius*) // Aquatic Living Resources. — 2000. — Vol. 13. — С. 355–360.

*Поступила в редакцию 19.03.2025 г.*

*После доработки 3.04.2025 г.*

*Принята к публикации 30.04.2025 г.*

*The article was submitted 19.03.2025; approved after reviewing 3.04.2025;*

*accepted for publication 30.04.2025*