УДК 597.553.2:534

DOI: 10.15853/2072-8212.2020.56.63-73

ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ МИГРИРУЮЩИХ НА НЕРЕСТ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НЕРКИ (*ONCORHYNCHUS NERKA*) СТАДА Р. ОЗЕРНОЙ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

К.М. Малых, Д.В. Демченко, В.А. Дубынин, М.Н. Коваленко

Зав. лаб.; вед. инж.-иссл.; вед. н. с.; зам. директора., к. т. н.; Камчатский филиал

Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («КамчатНИРО») 683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18. Тел./факс: 8 (4152) 20-16-10, 41-27-01

E-mail: malykh@kamniro.ru; demchenko.d.v@kamniro.ru; dubynin.v.a@kamniro.ru; vkovalenko.m.n@kamniro.ru

УЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ, Р. ОЗЕРНАЯ, ОЗ. КУРИЛЬСКОЕ, НЕРКА, НЕРЕСТИЛИЩА, ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, BIOSONICS DT-X, DIDSON

Представлены результаты натурных испытаний гидроакустических комплексов BioSonics DT-X и Didson, установленных на пути нерестовой миграции производителей нерки стада р. Озерной. За весь период работ гидроакустических систем зарегистрировано 2 млн 374 тыс. рыб, в т. ч. эхолотом BioSonics DT-X — 1 млн 276 тыс. рыб, звуковизором Didson — 1 млн 98 тыс. рыб. Полученные данные по эхорегистрации и количественной оценке тихоокеанских лососей р. Озерной позволили дать рекомендации по использованию комплексов BioSonics DT-X и Didson для количественного учета тихоокеанских лососей в реках Камчатки.

THE ASSESSMENT OF THE ADULT ESCAPEMENT OF THE OZERNAYA RIVER SOCKEYE SALMON (*ONCORHYNCHUS NERKA*) WITH THE HYDROACUSTIC METHOD

Kirill M. Malykh, Dmitriy V. Demchenko, Vladimir A. Dubynin, Mikhail N. Kovalenko

Head of Laboratory; Leading Research Engineer; Leading Scientist; Deputy Director, Ph. D. (Engineering);

Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography ("KamchatNIRO")

683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str., 18. Tel., fax: +7 (4152) 20-16-10, 41-27-01

E-mail: malykh@kamniro.ru; demchenko.d.v@kamniro.ru; dubynin.v.a@kamniro.ru; vkovalenko.m.n@kamniro.ru

PACIFIC SALMON ADULT ESCAPEMENT ASSESSMENT, OZERNAYA RIVER, KURILSKOYE LAKE, SOCKEYE SALMON, SPAWNING GROUNDS, HYDROACUSTIC SYSTEM, BIOSONICS DT-X, DIDSON

Results of in situ testing of BioSonics DT-X and Didson hydroacoustic systems set on migrating path to spawning grounds of adult sockeye salmon in the Ozernaya River are presented. Two million 374 thousand fishes was recognized and counted for the whole working period of the systems, including one million 276 thousand individuals registered by BioSonics DT-X echo-sounder and 1 million 98 thousand – by Didson imaging sonar. The data on the assessment of Pacific salmon escapement in the Ozernaya River allow to make recommendations on the use of the BioSonics DT-X and Didson hydroacoustic systems as a tool for assessment of Pacific salmon escapement in rivers of Kamchatka.

В настоящее время получение информации по численности производителей нерки *Oncorhynchus nerka*, прошедших в оз. Курильское по р. Озерной, осуществляется на рыбоучетном заграждении (РУЗ), оборудованном в истоке реки. При этом время с момента захода производителей в реку и до достижения ими РУЗ, где они могут быть учтены визуально, может составлять от двух до семи и более суток. Столь протяженный промежуток времени сильно ограничивает возможности оперативного регулирования промысла в условиях кратковременного рунного хода, характерного для тихоокеанских лососей в целом, и значительно снижает эффективность мер, связанных с регулированием промысла.

Для получения оперативной информации о численности производителей нерки в 2017 г. были проведены работы по освоению гидроакустической системы BioSonics DT-X в нижнем течении р. Озерной (Малых и др., 2017). В 2018 г. работы по этому направлению продолжили. Целью работы является повышение эффективности количественной оценки пропуска производителей тихоокеанских лососей на нерестилища. Объект исследований — технология учета производителей тихоокеанских лососей гидроакустическим методом в период нерестовых миграций в реках Камчатки.

При проведении работ проведен комплекс технических и визуальных исследований, в результате которых дополнен банк данных эхорегистрации производителей нерки стада р. Озерной и полу-

чена их количественная оценка в период нерестовой миграции, что в дальнейшем позволит усовершенствовать методику использования гидроакустических комплексов для количественного учета тихоокеанских лососей в реках Камчатского края.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Научно-исследовательские работы проведены на полигоне, расположенном на левом берегу р. Озерной, в 13 км от устья, на территории Южно-Камчатского заказника (рис. 1) в период с 10 июня по 7 сентября. Общая продолжительность работ составила 90 суток.

В качестве рыбоучетных систем на р. Озерной в 2018 г. были использованы: гидроакустический комплекс BioSonics DT-X (BioSonics Inc., США) в модификации AMS (Automated monitoring system, система автоматического мониторинга, рис. 2А), приобретенный в 2017 г. Ассоциацией рыбопромышленников Озерновского региона для сбора оперативной информации о численности прошедших на нерест производителей нерки, и аналоговый 2D-звуковизор Didson (Sound Metrics Corp.,

США, рис. 2Б), полученный ФГБНУ «КамчатНИРО» в составе подводного аппарата S5N Swordfish в качестве технической помощи по межправительственному соглашению России с Японией.

Гидроакустический комплекс BioSonics DT-X является цифровым однолучевым эхолотом с технологией расщепленного луча, что позволяет регистрировать перемещение одиночных подводных целей на расстоянии до 248 м. Основные характеристики системы BioSonics DT-X:

- рабочая частота — 120 кГц;
- частота следования посылок — 0,01–30 Гц;
- длительность посылки — 0,1–1,0 мсек;
- сектор обзора — $7,3^\circ \times 7,3^\circ$;
- дальность регистрации одиночной рыбы — 248 м;
- электрическая мощность на антенне — 100–1000 Вт;
- интегрированный датчик ориентации (направление, крен, дифферент);
- интерфейс — Ethernet;
- напряжение электропитания — 85–264 В AC или 10–14 В DC;

Рис. 1. Расположение полигона для проведения исследований на р. Озерной в 2018 г.
Fig. 1. Location of the sites of testing on the Ozernaya River in 2018

Рис. 2. Цифровой однолучевой эхолот DT-X (А) и аналоговый звуковизор Didson (Б)
Fig. 2. Digital split-beam echo sounder DT-X (A) and analog imaging sonar Didson (B)

- потребляемая мощность — 30 Вт.

Звуковизор Didson представляет собой устройство для получения изображения объектов при помощи ультразвуковых волн с использованием электронного преобразователя, позволяющего акустическое изображение в форме пространственного распределения звукового давления представить в виде оптического изображения и выделить не только отметку о направлении объекта, но и его форму (Терминологический словарь-справочник..., 1989).

Обнаружение целей звуковизором ведется на частоте 1100 кГц на дистанции до 40 м, идентификация объектов происходит на частоте 1800 кГц, в этом режиме дальность работы ограничена 10 м. Технические характеристики звуковизора Didson:

- размерность — 2D;
- рабочая частота — 1100/1800 кГц;
- сектор обзора — $29^{\circ} \times 14^{\circ}$;
- ширина луча — $0,4^{\circ} \times 14^{\circ} / 0,3^{\circ} \times 14^{\circ}$;
- разрешение по дистанции — 1–8 / 0,25–2 см;
- макс. шкала дистанций — 40/10 м;
- частота кадров — 4–21 Гц;
- потребляемая мощность — 30 Вт;
- напряжение питания — 220 В AC или 8 В DC;
- вес в воздухе — 7,9 кгс;
- вес в воде — 1 кгс;
- размеры — 31×21×17 см;
- макс. глубина погружения — 3000 м;

- интерфейс — Ethernet;

- макс. длина кабеля — 61 м (1220 м при доп. питании прибора).

НИР проводились методом натурных испытаний, путем установки гидроакустических комплексов на пути миграции производителей на нерест. Ширина реки на выбранном полигоне (рис. 1) составляет 45 м, дно имеет пологий уклон, что является наиболее подходящими условиями для размещения гидроакустических устройств. Размещение наблюдательного пункта и гидроакустических приборов на полигоне в 2018 г. состоялось 16 июня, с 17 июня начали проводить сбор и обработку эхограмм. На берегу реки, в непосредственной близости от полигона, был оборудован автономный наблюдательный пункт, где размещались операторы, система электропитания (генератор 2 кВт) и компьютеризированные системы сбора и обработки информации (рис. 3).

Излучатели приборов были установлены в 0,5 м от реки в трехстенном «котле», оборудованном на берегу (рис. 4), для предотвращения осыпания берега и выноса грунта течением реки. Близкое расположение излучателей не оказывало взаимного влияния на работу рыбоучетных систем вследствие 10-кратной разницы в рабочей частоте (120 кГц и 1800 кГц). Техническими условиями эксплуатации приборов запрещается их работа в воздухе, в связи с чем при падении уровня реки

Рис. 3. Наблюдательный пункт для проведения исследований на р. Озерной в 2018 г.
Fig. 3. The observation point for the research on the Ozerная River in 2018

Рис. 4. Расположение излучателей гидроакустических приборов в «котле»
Fig. 4. The transducer set point

в месте установки излучателей своевременно проводилось их углубление. По мере наноса на приборы илистых отложений проводилось отключение электропитания для очистки излучающих поверхностей. Продолжительность отключения не превышала 15 мин, в среднем очистка проводилась 1 раз в 5–7 дней и сопровождалась обслуживанием генератора.

Калибровка эхолота BioSonics DT-X эталонной сферой проводилась каждый месяц работы по рекомендуемой разработчиком прибора методике. Частота калибровки вызвана изменчивостью гидрологического режима нижнего течения р. Озерной вследствие влияния природных факторов. Во второй декаде июня на полигоне наблюдался паводок с подъемом уровня реки на 1,5 м (рис. 5). В этот период, а также во время продолжительных осадков, повсеместный вынос грунта рекой вызывал взмучивание воды и значительно снижал чувствительность системы BioSonics DT-X к регистрации гидробионтов, что и послужило поводом для неоднократного определения поправочных коэффициентов силы цели, в пике достигающих значения 6,02 дБ. В настройках системы BioSonics DT-X чувствительность приема можно изменить только путем повышения мощности излучаемого сигнала, что приводит к искажению эхограмм на малых дистанциях (0–15 м). На работу высокочастотного звуковизора Didson взмучивание воды сильного влияния не оказывает. Чувствительность

Рис. 5. Подъем уровня воды в месте установки излучателей на р. Озерной (23.06.2018)
Fig. 5. The rise of water level at the transducer set point on the Ozeraya River (23.06.2018)

приема, при постоянной мощности излучаемых импульсов, можно изменять в реальном времени в пределах 0–40 дБ, что снижает потерю полезного сигнала от рыб на фоне илистой или песчаной взвеси в воде.

Основные пути миграции гидробионтов проходят под левым берегом, в связи с чем регистрация и учет гидробионтов на дистанции 0–10 м от берега велась при помощи звуковизора Didson, обладающего высокой разрешающей способностью по сравнению с однолучевыми системами (Holmes et al., 2006), а начиная с 10 м и до правого берега — при помощи системы BioSonics DT-X. Сбор данных этой системой проводился в штатном программном обеспечении Visual Acquisition ver. 6.3.1.10972 (BioSonics Inc., США).

По результатам экспериментальных работ в 2017 г., а также по согласованию со специалистами фабрики BioSonics (разработчиками эхолота), в настройках программы (рис. 6) были отключены опции Bottom Detection, Echo Detection и AutoTrack Detection, что позволило значительно снизить нагрузку на процессор системы сбора, объем данных, занимающих дисковое пространство, и энергопотребление.

Обработку накопленных данных за каждые 12 часов работы эхолота осуществляли в пакетном режиме в программном продукте Echoview ver. 8.0.73 (Echoview Software Pty Ltd, Австралия). Для

этого в программе создается проект, в который заносится информация о расположении файлов эхограмм (рис. 7), настраиваются фильтры движущихся объектов и регистрации рыб (рис. 8). После фильтрации помех и выделения полезного сигнала от движущихся через сканируемое сечение реки рыб, на фоне реверберации акустического сигнала от поверхности воды, дна и неоднородностей водной среды на расстоянии 10–45 м, проводили экспорт результатов в текстовый файл с данными о каждом зарегистрированном гидробионте.

Основная нагрузка во время работы программного продукта EchoView ложится на оперативную память задействованного компьютера (до 95% ОЗУ), продолжительность обработки данных за сутки в среднем составляет 5,2 ч. Разработанный алгоритм достаточно прост и не вызывает затруднений у сотрудников, впервые занятых учетом гидробионтов данным прибором.

Звуковизор Didson и его штатные программные средства на количественном учете тихоокеанских лососей в России применяли впервые. Поиск оптимального режима работы данного прибора на р. Озерной занял 33 дня. За это время были обследованы подводная часть берега и дно реки до 10 м от места погружения излучателей и отработаны несколько схем установки звуковизора, в том числе на плавучей платформе (Enzenhofer, 2005). С его помощью было зафиксировано, что на

Рис. 6. Настройки работы эхолота BioSonics в 2018 г.
Fig. 6. Settings of the BioSonics echo sounder in 2018

Рис. 7. Общий вид программы EchoView. 1 — информация о расположении файлов эхограмм; 2 — древовидная структура переменных и параметров обработки эхограмм; 3 — отображение на экране эхограммы зарегистрированных целей в виде отдельных регионов

Fig. 7. General view of the EchoView program. 1 – information about location of echograms; 2 – the dendral structure of the variables and processing parameters of the echograms; 3 – the display on the screen of echogram of the targets registered as separate regions

расстоянии 0–2 м от левого берега происходит постоянный вынос кварцевого песка и мелкой фракции пемзы, создающий плотные потоки взвеси, неравномерно рассредоточенные в толще воды. Этим объясняется низкая чувствительность приема полезного сигнала от рыб, проходящих сканируемое сечение, и наличие слепой зоны у эхолота BioSonics DT-X на этой дистанции.

Сбор и обработка данных звуковизора осуществляли в программном продукте Didson Control and Display вер. 5.26.24 (Sound Metrics Corp., США), внутреннее программное обеспечение звуковизора обновлено до вер. 6.20.

Программный продукт Didson Control and Display позволяет просматривать текущую подводную обстановку и накопленные данные в режиме эхограммы

Рис. 8. Настройки программы EchoView для регистрации движущихся объектов (А) и регистрации рыб (Б)
Fig. 8. Settings of the EchoView program for registration of moving objects (A) and registration of fish (B)

Single Target Detection

General parameters

Compensated TS threshold (dB):	-30.00
Pulse length determination level (dB):	1.00
Minimum normalized pulse length:	0.10
Maximum normalized pulse length:	1.50

Beam compensation

Beam compensation model:	BioSonics
Maximum beam compensation (dB):	6.00

Exclusion

Maximum standard deviation of:	
Minor-axis angles (degrees):	0.600
Major-axis angles (degrees):	0.600

Line Exclusion

Exclude targets above line:	None
Exclude targets below line:	Tot beeper

OK Cancel Apply Help

Track Detection Properties

Algorithm Weights Track Acceptance

Minimum number of single targets in a track:	5
Minimum number of pings in track (pings):	6
Maximum gap between single targets (pings):	5

OK Cancel Help

(рис. 9) или видеозображения (рис. 10). Настройки сбора и обработки данных приведены на рисунке 11. При загрузке первого из списка файлов,

находящихся в одной директории, в программе в пакетном режиме (Batch mode) запускается кластерный анализ эхограмм, по окончании которого

Рис. 9. Просмотр подводной обстановки в виде эхограммы
Fig. 9. The underwater environment view in the form of an echogram

Рис. 10. Идентификация движущихся объектов в режиме видеозображения
Fig. 10. Identification of moving objects in the video mode

формируется текстовый файл с описанием каждого зарегистрированного движущегося объекта.

Результаты обработки в виде текстовых файлов объединяли в табличном процессоре Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, США) в сводные таблицы, получая динамику хода лососей в сканируемом сечении реки за каждый час работы рыбоучетных систем. Поскольку гидроакустическим методом в настоящее время сложно идентифицировать вид зарегистрированных рыб, отношение количества нерки к остальным видам лососей, прошедших через сканируемое сечение реки в 2018 г., определялось по уловам речных закидных неводов специалистами лаборатории динамики численности и совершенствования прогнозов лососевых рыб ФГБНУ «КамчатНИРО».

Для сравнительного анализа использовались данные визуального счета с РУЗ, расположенного на расстоянии 34 км выше по течению, где ежегодно осуществляются работы по визуальному учету производителей нерки. Визуальный счет нерки на рыбоучетном заграждении в 2018 г. был начат 11 июля и проводился в течение 39 дней, что позволило сравнить результаты учета пропуска производителей нерки только в период рунного хода.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Продолжительность работы рыбоучетных систем в летний сезон в 2018 г. составила 3000 ч, из них

1896 ч (79 сут) непрерывной работы рыбоучетной системы BioSonics DT-X, 1104 ч (46 сут) — звуковизора Didson. За весь период исследований сбоев в работе гидроакустических систем не возникало. За сутки работы системы BioSonics DT-X объем эхограмм в среднем составил 11,6 Гб, звуковизора Didson — 31,25 Гб. Общий объем собранных данных за весь период работ составил 2,3 Тб. За весь период работ зарегистрировано 2 374 663 рыб, в т. ч. эхолотом BioSonics DT-X — 1 млн 276 тыс. рыб, или 54% от общей регистрации гидроакустическим методом, звуковизором Didson учтено 1 млн 98 тыс. рыб (46%).

До начала визуального учета на РУЗ (с 17 июня по 10 июля) гидроакустическим методом зарегистрировано 41 375 рыб (рис. 12). С 11 июля по 18 августа на РУЗ пропущено 1 млн 511 тыс. особей нерки, за этот же период гидроакустическим методом учтено 2 млн 197 тыс. рыб, из них особей нерки — 1 млн 664 тыс. После окончания визуального учета на РУЗ (19 августа) работу на полигоне гидроакустическим методом продолжили до 3 сентября, и было дополнительно учтено 176 тыс. рыб, из них нерки — 114 тыс.

Динамика хода производителей нерки, зарегистрированной на полигоне р. Озерной гидроакустическими приборами, представлена на рисунке 13. Массовая миграция производителей, избе-

Рис. 11. Настройки звуковизора Didson для сбора (А) и обработки (Б) данных
Fig. 11. Settings of Didson imaging sonar for collecting (A) and processing (B) the data

жавших пресса промысла, наблюдалась на полигоне с 15 июля по 6 августа. В рунном ходе нерки в р. Озерной, в месте расположения полигона, было выделено два периода: в первом в течение 14 суток (с 15 по 28 июля) через сканируемое сечение реки прошло 756 тыс. особей, при максимальном количестве в сутки 109,9 тыс. особей (20 июля); во втором в течение 9 суток (с 29 июля по 6 августа) зарегистрировано 669 тыс. особей с максимумом 171,6 тыс. особей в сутки (30 июля).

Результаты гидроакустического и визуального учета производителей тихоокеанских лососей в 2018 г. (рис. 12) позволяют говорить о сходимости результатов учета различными методами на р. Озерной, разнесенными по времени и расстоянию прохождения лососей через зоны регистрации.

Для сравнения данных, полученных при помощи гидроакустических приборов и визуального

учета, а также для определения временного лага на преодоление неркой дистанции между наблюдаемыми сечениями реки, был проведен анализ величины пропуска за сутки работы гидроакустических рыбоучетных систем с лагом от 0 до 6 суток по отношению к визуальному учету (рис. 14). Была выявлена линейная связь высокого уровня статистической значимости ($r = 0,982 \pm 0,998$), а также зависимость между гидроакустическим методом и результатами визуального учета (табл. 1). Графическое представление распределения коэффициента линейной корреляции каждой полученной зависимости показано на рис. 15. По результатам анализа можно заключить, что время на преодоление неркой дистанции от полигона до рыбоучетного заграждения (рис. 1) составляет от 2 до 4 дней, что согласуется с результатами исследований, проведенных в 1961 и 1985 гг. (Бугаев и др., 2009).

Рис. 12. Результаты гидроакустического и визуального учета производителей тихоокеанских лососей в 2018 г. (с накоплением итога)
Fig. 12. Results of the hydroacoustic and visual counting of adult Pacific salmon in 2018 (with accumulation of the total)

Рис. 13. Динамика хода производителей нерки на полигоне р. Озерной по гидроакустическим данным
Fig. 13. The dynamics of the sockeye salmon spawning run in the transducer set point on the Ozernaya River according the hydroacoustic data

Рис. 14. Линейная связь между гидроакустическим методом и результатами визуального учета для определения временного лага между полигоном и РУЗ

Fig. 14. The linear regression between the hydroacoustic and visual data for estimation of the time lag between the transducer set point and fish count fence point

Таблица 1. Результаты статистической обработки данных
Table 1. Results of statistical data processing

Временной лаг Time lag (days)	Линейная зависимость Linear correlation	Коэффициент линейной корреляции r Linear correlation coefficient r
0 суток	$y = 1,1199x$	0,987
-1 сутки	$y = 1,0994x$	0,993
-2 суток	$y = 1,0699x$	0,997
-3 суток	$y = 1,039x$	0,998
-4 суток	$y = 1,0047x$	0,996
-5 суток	$y = 0,9681x$	0,990
-6 суток	$y = 0,9681x$	0,982

Рис. 15. График распределения коэффициента линейной корреляции r по данным табл. 1

Fig. 15. The linear correlation coefficient (r) distribution diagram on the data in the Table 1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работ в 2018 г. освоены аппаратная и программная части аналогового 2D-звуковизора Didson, выявлены его положительные и отрицательные качества и определены направления для дальнейшего использования прибора на количественной оценке тихоокеанских лососей в реках Камчатки. В 2019 г. работы по этому направлению планируется продолжить.

При существующем уровне интенсивности промысла тихоокеанских лососей основной угрозой стабильности их естественного запаса является возможность «перелова», приводящая к дефициту производителей на нерестилищах. Система управления промыслом в настоящее время основывается на оценках величины нерестовых подходов и принятии оперативных управленческих решений для реализации основополагающего принципа — приоритета пропуска перед промыслом. Внедрение гидроакустических систем для учета производителей тихоокеанских лососей позволяет оперативно решать задачи управления промыслом в части обеспечения оптимального пропуска на нерестилища производителей нерки стада р. Озерной.

Использование приборов, работающих в разных диапазонах частот и дальности обнаружения целей, позволило осуществлять сканирование всего сечения реки без потерь регистрации гидробионтов в «слепой зоне» излучателей, что дало возможность провести количественную оценку производителей тихоокеанских лососей, избежавших пресса промысла в р. Озерной, на высоком уровне статистической значимости.

Обслуживание гидроакустических рыбоучетных комплексов, применяемых для количественной оценки производителей тихоокеанских лососей на р. Озерной, не требует большого числа квалифицированных сотрудников: вполне достаточно одного–двух операторов, обеспечивающих бесперебойное электропитание и обработку получаемых материалов. Оба комплекса вполне возможно использовать на любом водотоке Камчатского края, в местах, где рельеф дна будет идентичен полигону р. Озерной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бугаев В.Ф., Маслов А.В., Дубынин В.А. 2009. Озерновская нерка (биология, численность, промысел). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 156 с.

Малых К.М., Демченко Д.В., Кондрашенков Е.Л., Коваленко М.Н. 2017. Опыт использования гидроакустических комплексов в качестве средств учета производителей тихоокеанских лососей во внутренних водоемах Камчатского края / Матер. I Нац. заоч. науч.-техн. конф. «Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации». Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 61–67.

Терминологический словарь-справочник по гидроакустике. 1989. Р.Х. Бальян, Э.В. Батаногов, А.В. Богородский и др. Л.: Судостроение. 368 с.

Enzenhofer H.J., Cronkite G. 2005. A simple adjustable pole mount for deploying Didson and split-beam transducers. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 2570. 14 p.

Holmes J.A., Cronkite G., Enzenhofer H., Mulligan T. 2006. Accuracy and precision of fish-count data from a “dual-frequency identification sonar” (DIDSON) imaging system // *ICES Journal of Marine Science*. Vol. 63. P. 543–555.

REFERENCES

Bugaev V.F., Maslov A.V., Dubynin V.A. *Ozernovskaya nerka (biology, abundance, fishery)* [Sockeye Salmon of the Ozernaya River (Life history, abundance, utilization)]. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2009, 156 p.

Malykh K.M., Demchenko D.V., Kondrashenkov E.L., Kovalenko M.N. Experience of using hydroacoustic systems for stock assessment of Pacific Salmon in the rivers of Kamchatka. Abstracts of I scientific and technical conference “Innovative development of the fish industry In the context of food security Security of the Russian Federation”. Vladivostok: Dalrybvuz, 2017, pp. 61–67. (In Russian)

Terminologicheskiy slovar-spravochnik po gidroakustike (sost. Balyan R.K. i dr.) [Hydroacoustic Terminology Dictionary Shipbuilding (comp. Balyan R.K. etc.)]. Leningrad: Sudostroyeniye, 1989, 368 p.

Enzenhofer H.J., Cronkite G. A simple adjustable pole mount for deploying Didson and split-beam transducers. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, 2005, vol. 2570, 14 p.

Holmes J.A., Cronkite G., Enzenhofer H., Mulligan T. Accuracy and precision of fish-count data from a “dual-frequency identification sonar” (DIDSON) imaging system. *ICES Journal of Marine Science*, 2006, vol. 63, pp. 543–555.

Статья поступила в редакцию: 29.10.2018

Статья принята после рецензии: 06.02.2019