

**УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ**

УДК 597.553.2:534

**А.И. Дегтев<sup>1</sup>, Е.А. Шевляков<sup>2</sup>, К.М. Малых<sup>2</sup>, В.А. Дубынин<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup> ООО «Промгидроакустика», 185034, г. Петрозаводск, пер. 4-й Родниковый, 17; <sup>2</sup> Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 683000, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18

**ОПЫТ ОЦЕНКИ ЧИСЛЕННОСТИ МОЛОДИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ НА ПУТЯХ МИГРАЦИИ В ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМАХ**

Информация о численности нерестовых заходов нерки в р. Озерную (оз. Курильское) эффективно используется для оперативного регулирования промысла, обеспечивая его рациональное ведение. Учет производителей нерки здесь с 1940 г. и по настоящее время выполняют на рыбоучетном заграждении, оборудованном специальными проходами («окнами») для счета лососей. В 2010–2011 гг. проведены сравнительные исследования по определению количества зашедших на нерест производителей и мигрировавшей в море покатной молодежи для нерки стада р. Озерной гидроакустическим методом и традиционным методом визуального учета. Для работ применен гидроакустический комплекс «NetCor», разработанный ООО «Промгидроакустика». Исследования показали, что в период рунного хода производителей нерки в наблюдаемом сечении реки не имелось значимой суточной неравномерности прохождения рыбы, но при малой численности проходящих производителей отмечено, что основное число особей прошло в период с часа ночи до четырех часов утра. Результаты учета производителей гидроакустическим методом и традиционного визуального счета достаточно хорошо согласовывались, хотя отмечен временной сдвиг между данными учетов этими двумя методами. Сдвиг объясняется тем, что место размещения гидроакустического комплекса находилось на р. Озерной в 3,5 км ниже по течению от рыбоучетного заграждения.

**Ключевые слова:** гидроакустика, количественная оценка, компьютер, разнесенные измерительные системы, сила цели.

**Degtev A.I., Shevlyakov E.A., Malykh K.M., Dubynin V.A.** Results of quantitative assessment of juveniles and adults of pacific salmon by hydroacoustic method on their migration routes in freshwater ponds // Izv. TINRO. — 2012. — Vol. 170. — P. 113–135.

Data on sockeye salmon adults migration to the Ozernaya River and Lake Kurilskoye are used for regulation of fishery and provide its sustainability. Their run is monitored here since 1940, nowadays from a special fence with window-entrances for the salmon counting. These data were compared in 2010–2011 with hydroacoustic assessments of adults and juveniles

---

\* Дегтев Андрей Игоревич, кандидат технических наук, директор, e-mail: andrej-degtev@yandex.ru; Шевляков Евгений Александрович, кандидат биологических наук, заместитель директора, e-mail: shevlyakov.e.a@kamniro.ru; Малых Кирилл Михайлович, заведующий сектором, e-mail: malykh@kamniro.ru; Дубынин Владимир Александрович, ведущий научный сотрудник, e-mail: dubynin.v.a@kamniro.ru.

Degtev Andrey I., Ph.D., Director of Promhydroacoustics Ltd. (Commercial sonars), e-mail: andrej-degtev@yandex.ru; Shevlyakov Eugene A., Ph.D., Deputy Director of KamchatNIRO, e-mail: shevlyakov.e.a@kamniro.ru; Malykh Kirill M., Head of section, e-mail: malykh@kamniro.ru; Dubynin Vladimir A., leading researcher, e-mail: dubynin.v.a@kamniro.ru.

obtained by means of the hydroacoustic complex NetCor developed by Promgidroakustika Ltd. During the mass run of salmons, intensity of their migration almost had no daily variation, but the bulk of migrants passed the control section in 01-04 a.m. in periods of poor migration. The estimations of the salmons number made by two methods were similar in general, with a small time lag in run dynamics determined by two methods that was caused by 3.5 km distance between the fence and the hydroacoustic complex.

**Key words:** hydroacoustic, fish assessment, hydroacoustic complex, separated measuring system, target strength.

## Введение

Рациональный рыбный промысел подразумевает ежегодный мониторинг состояния запасов эксплуатируемых гидробионтов, который, в свою очередь, не всегда в достаточной степени осуществим в результате ограниченной доступности для проведения масштабных исследований в условиях естественного воспроизводства «диких» популяций Дальнего Востока России. Один из наиболее важных элементов мониторинга — оценка численности производителей, избежавших пресса промысла, которые будут составлять репродуктивную основу популяции. Величина пропуска производителей является производной промысла и вполне может служить инструментом управления ресурсами рыб. Причем как инструмент оценка численности пропуска наиболее востребована при осуществлении промысла именно лососей, у которых ежегодная «конечность» (ограниченность) ресурса определяет как необходимость обеспечения оптимального пропуска, так и возможности промысла всего оставшегося количества рыб. Обычно с момента захода производителей в реку и до достижения ими нерестилищ, где они могут быть учтены визуально, проходит от недели (для малых и средних рек) до 20 и более дней (в крупных водоемах). Понятно, что столь протяженный промежуток времени сильно ограничивает возможности оперативного регулирования промысла и в условиях кратковременного рунного захода, характерного для лососей в целом, сводит на нет эффективность мер регулирования, связанных с ограничением промысла. Установка рыбоучетных заграждений в створе рек и тотальный подсчет производителей в ряде случаев решает перечисленные задачи, обеспечивая потребности в оперативной информации как о текущем пропуске, так и о его динамике. К недостаткам данного рода конструкций относится дороговизна установки и эксплуатации наряду с отсутствием транспортной инфраструктуры, а также необходимость содержания научных групп по обеспечению учета. По той же причине (дороговизна и временной лаг движения лососей от устья до нерестилищ) не могут быть средством оперативного учета числа лососей, избежавших промыслового пресса, и авиаучеты. Опосредованные экспертные оценки (улов на сеть, визуальное наблюдение косяков и т.д.), получаемые в процессе нерестового хода в реке, не могут служить надежным средством управления. Цена вопроса в ряде случаев может быть очень высока, вплоть до фактического отсутствия нереста в конкретном году и соответственно выпадения поколения из ряда подобных при формировании будущих возвратов (например, ранняя нерка р. Камчатка поколения 2011 г.).

Современные акустические системы учета при наличии адекватного программного обеспечения в принципе способны осуществить требуемую точность учета. Они снабжены платформами и могут быть установлены в низовьях рек немногим выше последних рыбалок или непосредственно в нерестовых водотоках. При этом оперативность обработки информации составляет около суток, обслуживание комплекса не требует большого числа квалифицированных сотрудников: вполне достаточно одного оператора, обеспечивающего бесперебойное питание комплекса и обработку материалов. Главная сложность состоит в разработке программного продукта, адекватного существующим особенностям нерестового хода тихоокеанских лососей, в частности способного идентифицировать отдельных особей в совокупности в период их рунного хода в реках. Подобная отработка методики и калибровка акустического комплекса были предприняты в 2010–2011 гг. в истоке р. Озерной на научном пункте КамчатНИРО,

где до настоящего времени ежегодно осуществляются работы по визуальному учету производителей нерки на установленном здесь рыбоучетном заграждении (РУЗ).

Кроме того, в истоке р. Озерной проводят учеты ловушкой покатной молоди нерки, мигрирующей из оз. Курильского в Охотское море. Однако до сих пор не получено значимых рядов численности скатывающейся молоди нерки, так как организации этих работ в отдельные годы препятствовало большое количество пемзы, выносимой нагонными ветрами в устье реки и забивавшей мальковую ловушку. В ряде случаев (1960-е гг.) это привело к большим потерям молоди, которая погибла в орудиях лова. В результате от экспериментов на некоторое время отказались. Работы были возобновлены в конце 1990-х гг. и продолжаются до сих пор. В настоящее время основную неопределенность при учетах и дальнейшей интерпретации результатов составляет очевидный недоучет молоди при осуществлении ловушечных учетов. Крупная молодь активно избегает ловушки, кроме того, в годы численно высоких покатных миграций значительная часть молоди, особенно в рунной фазе (до 30 %), мигрирует днем. Оценить уловистость ловушек в таких условиях на современном этапе не представляется возможным. По всей видимости, в количественном отношении о скате можно судить в относительных величинах.

Цель настоящей статьи — представить результаты экспериментальных работ по калибровке аппаратуры и оценке перспектив использования гидроакустического комплекса «NetCor» для учета молоди нерки, мигрирующей из оз. Курильского на нагул в морские воды.

### Материалы и методы

В целом нерестовый ход нерки в р. Озерной можно подразделить на следующие периоды: в начале и конце хода идут единичные экземпляры, а в середине — наибольшее количество рыб. В последнем случае выделяется рунный ход, когда проходит основная масса производителей (Егорова, 1968, 1977).

Нерестовый ход начинается обычно в последних числах мая и заканчивается в конце октября — начале ноября. Массовый ход нерки (число прошедших за день рыб равно 1 тыс. экз. и более) наблюдается с середины июля и до начала сентября, рунный ход — с конца июля и по середину августа. С середины второй декады июля по начало августа число анадромных мигрантов резко увеличивается, а с начала августа и по начало сентября — постепенно уменьшается.

Массовый ход неравномерный, пульсирующий, подразделяется на несколько периодов подъема и спада. Насчитывается до 5 периодов повышенной численности мигрантов. Первый и пятый периоды (численность рыб до 20–30 тыс. экз. в день) приходятся на начало и конец массового хода; второй и четвертый (до 100 тыс. экз.), а также третий (до 350 тыс. экз.) — на его середину. Самое большое и постоянно наблюдающееся увеличение хода отмечено в третий период (с 1 по 10 августа). В некоторые годы массовый ход может быть выражен только этим периодом. Таким образом, период с двадцатых чисел июля и до середины августа наиболее продуктивен для промысла нерки р. Озерной (Егорова, 1968, 1977).

Общая продолжительность нерестового хода, по многолетним данным, составляет 5,0–5,5 мес, рунного — 10–22 дня. Изменения хода нерки в верховье в какой-то мере отражают характер захода ее в устье реки, запаздывая на 3–4 дня (Бугаев и др., 2009).

Заход нерки в р. Озерную приурочен к весенне-летнему паводку. Начало массового хода совпадает по времени с максимальным подъемом паводковых вод в реке и озере. Рунный ход приходится на период падения уровня и начала повышения температуры воды. Подобная зависимость отмечена рядом исследователей (Кузнецов, 1928; Крогиус, 1954; Семко, 1961; и др.). Нерка начинает заходить в р. Озерную раньше и при более низкой температуре, чем горбуша, кета и чавыча (Егорова, 1968, 1977).

Сроки начала и конца нерестового хода нерки несколько колеблются по годам. Особенно это характерно для массового и рунного ходов. Изменение сроков и амплитуды увеличения хода связано с колебаниями численности нерестовых подходов и гидроло-

гическими факторами. На характер хода производителей в верховья реки постоянно в той или иной степени влияют и особенности лова рыб в устье. Особенно это заметно, когда промысел изымает более половины всей зашедшей в нерестовый водоем нерки или когда в какой-либо день вылавливают почти всех зашедших лососей (Егорова, 1977). Последнее стало типичным в современный период — с середины 1990-х гг. и по настоящее время, когда производственные мощности позволяют практически неограниченно изымать всю заходящую в реку рыбу (Бугаев и др., 2009; Шевляков, Дубынин, 2012). В 1996–1999 гг. береговой промысел изымал от 62,6 до 76,5 % всего количества нерки р. Озерной, подошедшей к западной Камчатке (Бугаев, Дубынин, 2002). В 2000–2011 гг. ситуация практически не поменялась. Промысловое изъятие береговыми предприятиями по годам находилось в пределах 62,4–86,3 % и составило в среднем 77,2 % от подходов нерки р. Озерной к западному побережью Камчатки в указанный период.

Скат смолтов нерки из оз. Курильского обычно начинается в конце мая — начале июня, основное количество молоди мигрирует во второй половине июня — первой половине июля, заканчивается покатная миграция в конце июля — начале августа (Дубынин, Бугаев, 1988, 2004; Бугаев, Дубынин, 2002; Антонов и др., 2007; Бугаев и др., 2009).

В скате смолтов нерки из оз. Курильского преобладают двухгодовики (2+), доля трехгодовиков (3+) значительно ниже, а годовики (1+) встречаются только в годы хорошего роста особей. Так, например, за период 1991–2002 гг. средняя доля смолтов нерки возраста 1+ в скате составила 6,3 %, 2+ — 89,2, 3+ — 8,9 % (Дубынин, Бугаев, 2004). По большому ряду наблюдений за 1975–2006 гг., средняя встречаемость смолтов нерки разного возраста составила: 1+ — 9,2 %, 2+ — 81,4, 3+ — 9,4, 4+ — 0,1 % (Антонов и др., 2007). В годы напряженных пищевых взаимоотношений в скате смолтов нерки оз. Курильского снижается доля рыб возраста 1+, увеличивается встречаемость смолтов 3+ и даже появляются особи 4+ (Дубынин, Бугаев, 1988, 2004; Бугаев, 1995).

Изучение поведения рыб гидроакустическими методами — один из вариантов ихтиологических исследований, обеспечивающий сбор максимально возможной информации о характере распределения этих гидробионтов. Работы по использованию гидроакустических рыбопоисковых приборов для учета половозрелых лососей, молоди, ее распределению и поведению в пресноводных водоемах США и Канады были начаты еще в 60-е гг. прошлого века (Rogers, 1967; Pella, 1968; Thorne, Woodey, 1970; Thorne et al., 1975).

Впервые гидроакустический прибор для изучения распределения молоди нерки в оз. Курильском применил в 1977 г. А.С. Николаев (Николаев, Дубынин, 1977). С помощью отечественного эхолота «Язь» в зал. Исток в начале октября было сделано несколько съемок, которые показали дисперсность распределения молоди в пелагиали и в присваловой части залива и подтвердили настоятельность активизации исследований в одном из крупнейших нерковых озер Дальнего Востока. Позднее (в 1979–1986 гг.) гидроакустические исследования на оз. Курильском были продолжены с помощью гидролокатора «Лещ». Было показано, что горизонтальное распределение молоди нерки в озере имеет окраинный, или «кольцевой», тип, а летние миграции — циклональную направленность (Николаев, 1988а; Николаев и др., 1994). Исследовано вертикальное распределение молоди нерки в оз. Курильском в 1979–1984 гг. в летне-осенний период. Установлены глубины и описан характер распределения молоди в озере в светлое и темное время суток. Отмечено, что в результате ветрового апвеллинга верхняя граница обитания молоди может понижаться. Предложен способ экологической таксации нерковых озер через специфику вертикального распределения молоди в их пелагиали (Николаев, 1988б, 1990; Николаев, Николаева, 1991). Была сделана попытка прогнозирования численности возвратов половозрелой нерки по численности учтенных гидроакустическим способом мигрировавших из оз. Курильского смолтов (Николаев, 1995). Однако предложенная методика не нашла применения в прогнозировании численности возвратов нерки стада р. Озерной ввиду ее низкой оправдываемости. Основную

причину этого мы видим в несовершенстве примененной гидроакустической техники, не пригодной для проведения количественного учета молодежи нерки.

В описываемых экспериментальных работах 2010–2011 гг. использовался гидроакустический программно-технический высокочастотный комплекс “NetCor” (далее — комплекс, система), разработанный ООО «Промгидроакустика» (патенты РФ № 52647, 73747, 82357).

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 с использованием трансиверов nanoLOC (стандарт IEEE 802.15.4a). Акустическое зондирование может осуществляться под любым заданным углом к поверхности воды. Основные технические характеристики системы:

акустическая рабочая частота 455 кГц;

электрическая мощность на гидроакустической антенне 40–80 Вт;

частота следования посылок — до 12 Гц;

ширина характеристики направленности одного луча на уровне –6 дБ 10°, ширина многолучевого сектора на одной станции до 80° в плоскости веера лучей;

в горизонтальном режиме обеспечивается регистрация рыб при глубине места до 1 м;

максимальная дальность регистрации в горизонтальном режиме одиночной рыбы с силой цели –50 дБ — 20,0 м, минимальная — 0,5 м;

дистанция устойчивой радиосвязи — до 200 м, дистанция предельной радиосвязи — до 600 м (в зависимости от уровня помех и используемых антенн);

число плавучих гидроакустических высокочастотных многолучевых станций в сети — до 16;

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”;

стеклопластиковая плавучая платформа грузоподъемностью 30 кг с поворотным-выдвижным устройством для каждой гидроакустической высокочастотной многолучевой станции (модуль “Slave”) в сети.

Парадигмой количественной оценки гидробионтов на водотоке принято измерение временных параметров плотности потока рыб, пересекающих в своем естественном движении неподвижную зону гидроакустической регистрации, с последующим восстановлением искомой численности интегрированием по времени наблюдения и по числу регистраторов:

$$Q = \int \int_x \rho(x, t) dx dt,$$

где  $Q$  — численность,  $\rho(x, t)$  — значение плотности потока в координатах сечения реки  $x$  и времени  $t$ , индексы у кратного интеграла обозначают интегрирование за время наблюдения по наблюдаемому сечению водотока.

В виде допущения принята стационарность потока рыб через наблюдаемое сечение (под стационарностью потока здесь понимается статистически значимая однонаправленность движения оцениваемых объектов), другими словами — однажды прошедший через зону гидроакустической регистрации и зарегистрированный объект не возвращается, по крайней мере за время наблюдения, тем самым обеспечивается отсутствие кратности его регистрации. К примеру, указанное допущение реализовано в известных конструкциях РУЗ, где невозвращение рыбы после ее регистрации в пропускном устройстве обеспечивается механическим способом.

В широко используемом гидроакустическом методе количественной оценки гидробионтов в варианте вертикальной локации парадигмой является измерение пространственных параметров плотности поля рыбных скоплений с последующим вос-

становлением искомой численности интегрированием по обследованной акватории:  $Q = \int \int \rho(x, y) dx dy$ , где  $Q$  — численность,  $\rho(x, y)$  — значение плотности поля в координатах  $x, y$ , индексы у кратного интеграла обозначают интегрирование по обследуемой акватории водоема. Также принято допущение, известное как допущение стационарности поля плотности рыбных скоплений (Юданов и др., 1984; MacLenan, Simmonds, 1992). Под стационарностью здесь понимается статистически значимая неизменность статистических характеристик восстанавливаемого поля плотности, иными словами — отсутствует значимое перемещение регистрируемых скоплений по обследуемой акватории, по крайней мере за время проведения съемки.

С учетом указанных выше аналогии и принципа относительности движения представляется обоснованным использование методического и математического аппарата гидроакустического метода количественной оценки гидробионтов в варианте вертикальной локации в количественной оценке проходящих рыб на водотоке.

Математическое обеспечение комплекса “NetCor” позволяет производить количественную интерпретацию полученных гидроакустических регистраций проходящих рыб двумя способами — эхосчетом и эхоинтегрированием (Юданов и др., 1984; MacLenan, Simmonds, 1992). Эхосчет применим для оценки разреженных потоков в условиях так называемой разрешаемой регистрации отдельных рыб. Дальнейшая обработка подобных регистраций заключается в цифровой фильтрации (фильтр низких частот) и процедуре объединения следов рыбы с использованием элементов кластерного анализа по признаку близости. Выделенные таким образом следы регистрации проходящих одиночных рыб поддаются эхосчету с восстановлением распределения силы цели и направления движения рыбы в градациях вверх-вниз по течению относительно неподвижного регистратора. Для описываемых исследований более характерной была неразрешимая гидроакустическая регистрация проходящих скоплений нерки, в этом случае используется эхоинтегрирование по известной базовой формуле интегрирования

$$\bar{\rho} = \frac{C\delta\bar{E}}{\psi\bar{\sigma}},$$

где  $\bar{\rho}$  — средняя плотность рассеивателей в интервале накопления;  $C$  — калибровочная постоянная, зависящая от чувствительности акустического преобразователя и сквозного усиления аналоговых трактов эхолота и интегратора и определяемая процедурой калибровки по эталонной цели;  $\delta$  — поправка, компенсирующая потери интенсивности ультразвука на сферическое расширение фронта волны и затухание при распространении в воде;  $\bar{E}$  — среднее накопление квадрата огибающей эхосигнала в интервале накопления;  $\bar{\sigma}$  — среднее значение сечения обратного рассеяния объектов, образующих скопление;  $\psi$  — интегральный фактор направленности гидроакустической антенны, идеализированное представление характеристики направленности в виде телесного угла, в пределах которого интегрирование эхосигнала даст тот же результат, что и в пределах реальной пространственной характеристики направленности  $R_a$  при условии случайного распределения рассеивателей в озвученном объеме.

Интервалом усреднения в системе служит временной промежуток в одну минуту.

Среднее значение сечения обратного рассеяния производителей нерки (его логарифмическое представление — сила цели) для бокового аспекта облучения определялось следующим образом. В мире накоплен большой объем информации о силе цели различных объектов при различном аспекте облучения, в том числе боковом. Так, в работе Juha Lilja с соавторами (2000) дается набор регрессий для бокового аспекта облучения, на рис. 1 представлены графики некоторых из них. На рис. 2 показано размерное распределение производителей нерки по данным контрольных обловов в 2010 г.

Используя комбинированную регрессию  $20Lg(L) - 62,8$  (для двух видов рыб, рис. 1) и среднее значение длины производителей нерки, равное 55,1 см (рис. 2), значение средней силы цели для производителей нерки для бокового аспекта облучения можно принять равным  $-28,0$  дБ.

Описываемые работы велись по трем направлениям.

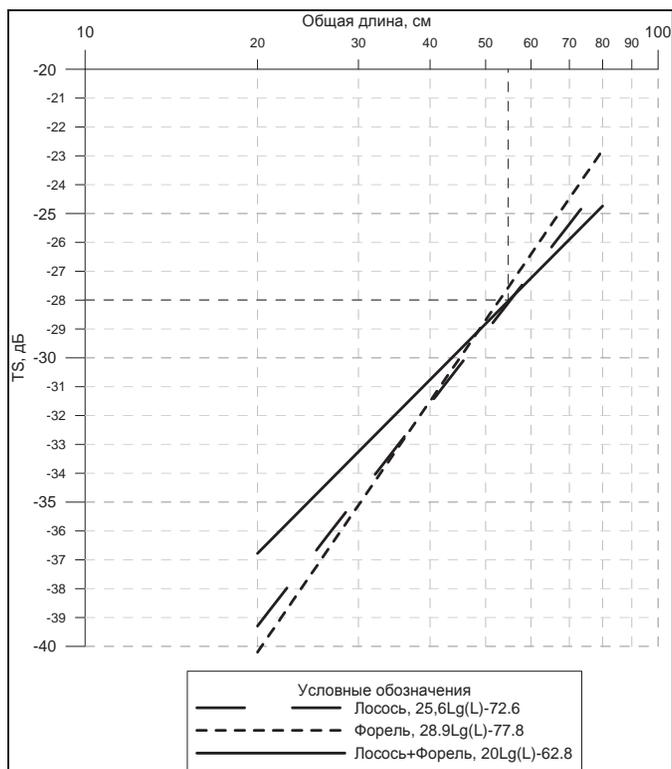


Рис. 1. Графики зависимости сила цели (TS) — длина некоторых видов рыб для бокового аспекта облучения (Juha et al., 2000). Пояснения в тексте

Fig. 1. Correlation between target strength (TS) and fish body length for certain species in the case of lateral echosounding the fish (Juha et al., 2000). See detailed explanation in the text

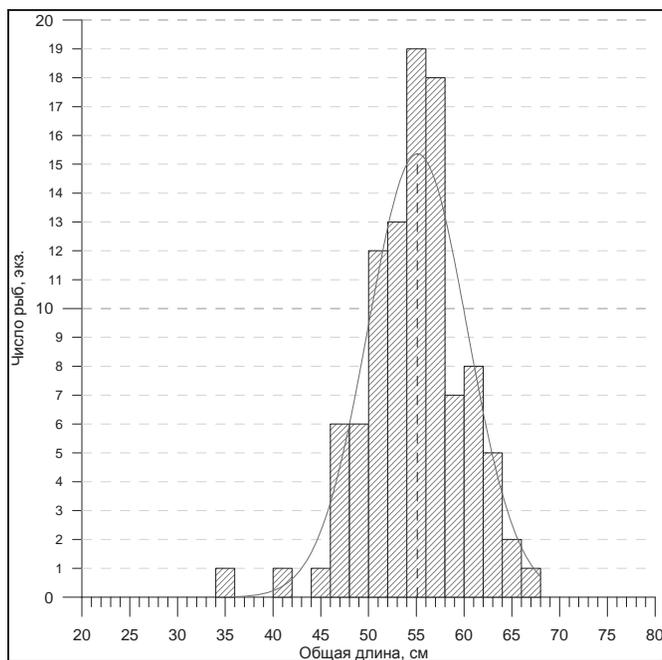


Рис. 2. Гистограмма размерного распределения производителей нерки

Fig. 2. Size structure of the sockeye salmon adults (body length)

1. Прямое сопоставление гидроакустической оценки численности прошедших производителей нерки с результатами учета на рыбоучетном заграждении.

2. Гидроакустическая оценка численности производителей нерки, прошедших через свободное от влияния РУЗ сечение реки.

3. Экспериментальная гидроакустическая оценка численности покатной молоди нерки (смолтов).

На рис. 3 представлена карта района работ.

Работы по направлению 1 проводились в июле-августе 2010 г. на рыбоучетном заграждении Озерновской наблюдательной станции КамчатНИРО. Установка комплекса “NetCor” ниже по течению от РУЗ в непосредственной близости от него привела к быстрому осознанию нарушения парадигмы оценки численности свободного потока рыбы через наблюдаемое сечение реки. Подходящие производители скапливались перед заграждением и совершали хаотическое движение по акватории нерестилища в ожидании пропуска. Это приводило к очевидной их кратной гидроакустической регистрации, причем эта кратность не поддается оценке. То же самое происходило при установке комплекса выше по течению от РУЗ в непосредственной близости от него. Пропущенные производители рассеивались по нерестилищу, хаотически двигались по его акватории и с неизвестной кратностью попадали в зону гидроакустической регистрации. Но визуальным наблюдением было установлено, что в момент пропуска проходящие производители образуют устойчивый, достаточно длинный, быстрый поток выше пропускных окон как раз в зоне гидроакустической регистрации. Прямое сопоставление гидроакустической оценки численности прошедших производителей нерки с результатами учета на РУЗ производилось по схеме эксперимента (рис. 4). На

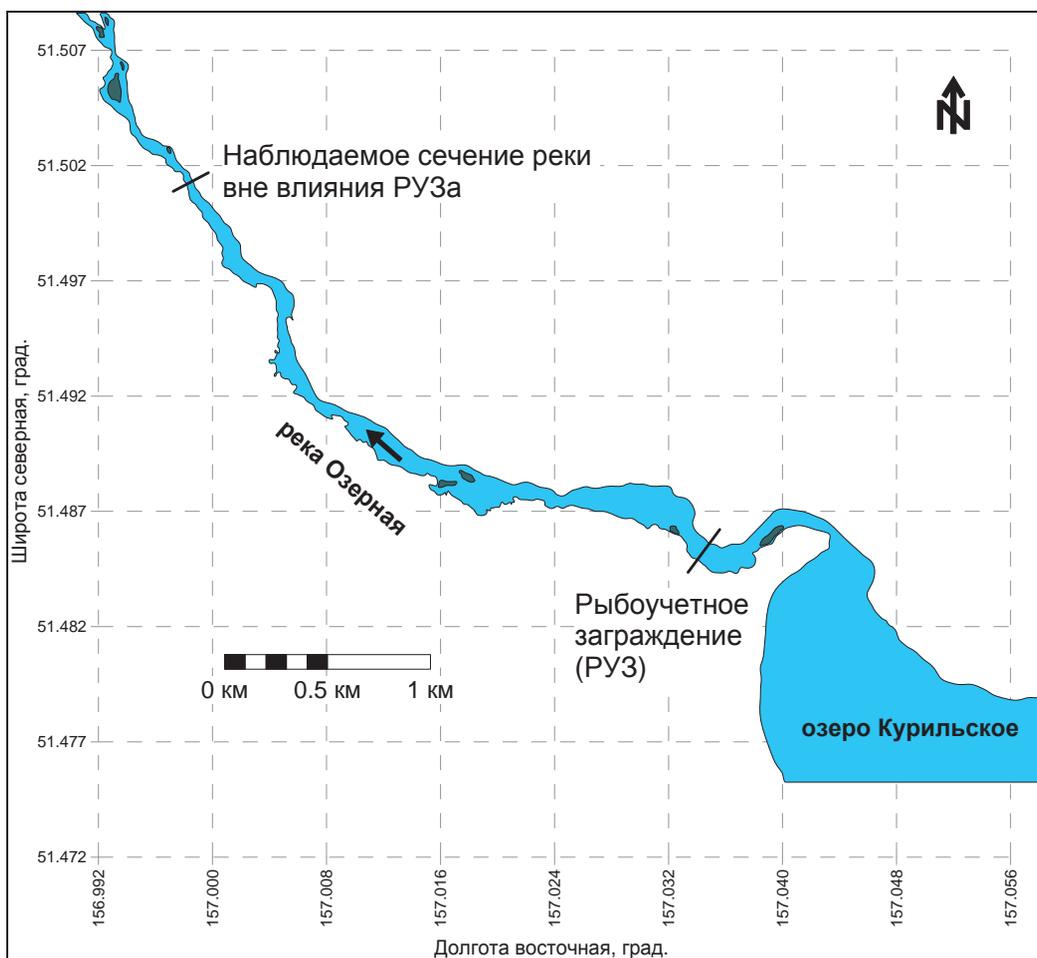


Рис. 3. Карта района проведения работ

Fig. 3. Scheme of the experiment area

рис. 5 представлена фотография модулей “Slave”, установленных по указанной схеме. Глубина места у модулей — от 0,8 до 1,5 м.

Методика сбора данных была следующей:

— счетчик на рыбоучетном заграждении открывал шибер на пропускном окне и вел ручной счет проходящих через РУЗ производителей;

— комплексом “NetCor” велась синхронная гидроакустическая регистрация производителей, выходящих из окна выше РУЗ.

На рис. 6 представлена эхограмма гидроакустической регистрации, синхронизированной с открытием пропускного окна.

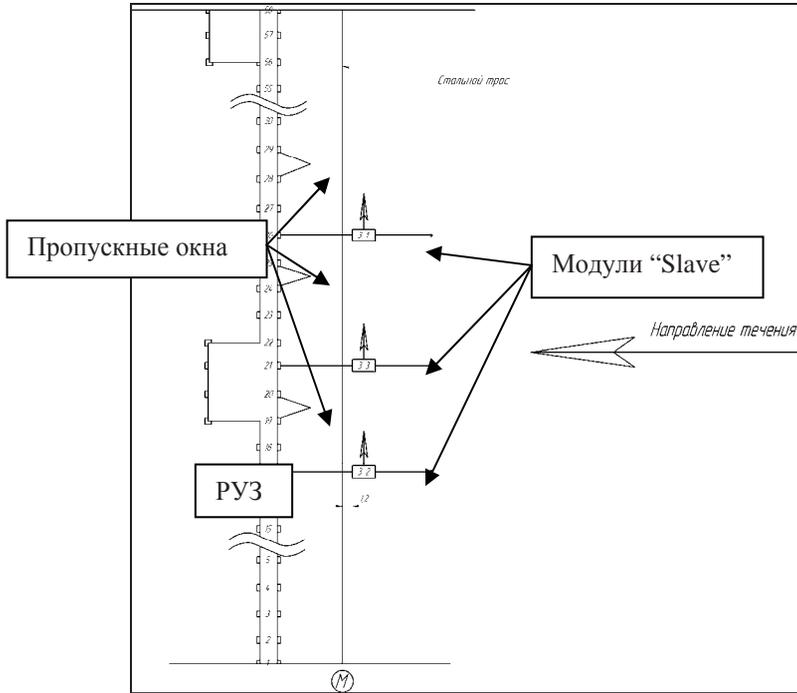


Рис. 4. Схема расположения комплекса “NetCor” с сетью из трех модулей “Slave” выше РУЗ  
Fig. 4. Scheme of the hydroacoustic complex location



Рис. 5. Фотография расположения комплекса “NetCor” с сетью из трех модулей “Slave” выше РУЗ

Fig. 5. Photo of the hydroacoustic complex

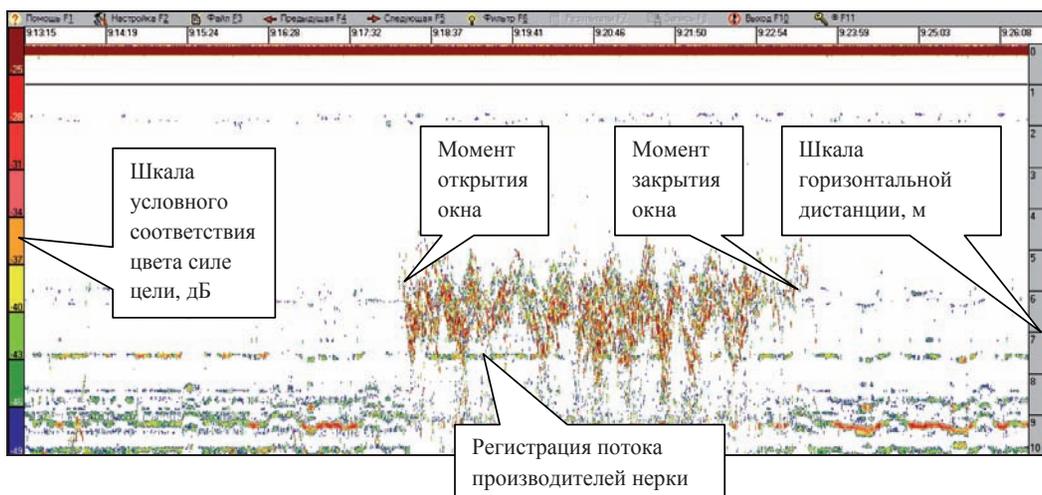


Рис. 6. Эхограмма регистрации пропуска производителей нерки в окне № 1, 22 июля 2010 г.  
Fig. 6. Echogram of sockeye salmon run at the window-entrance № 1 on July 22, 2010

Работы по направлению 2 проводили в июле-августе 2011 г. По результатам работ 2010 г. было принято решение об установке комплекса в сечении р. Озерной, свободном от влияния РУЗ. На рис. 3 показано место установки комплекса в 2011 г., находящееся примерно в 3,5 км от РУЗ ниже по течению реки, на рис. 7 представлено трехмерное изображение профиля р. Озерной в указанном сечении.

После нескольких дней настроечных и поисковых работ была установлена схема эксперимента (рис. 8), на рис. 9 представлена фотография комплекса по указанной схеме.

Методика сбора данных была следующей:

- комплексом “NetCor” велась круглосуточная гидроакустическая регистрация подводной обстановки, на рис. 10 представлена характерная эхограмма регистрации прохода производителей;

- ежедневно экспедиционным персоналом производился съем накопленных данных;

- ежедневно производилась камеральная обработка полученных за сутки данных с накоплением результатов за время наблюдения.

Работы по направлению 3 проводились в июне-июле 2011 г. на РУЗ Озерновской наблюдательной станции КамчатНИРО. Использовался только один модуль “Slave”,

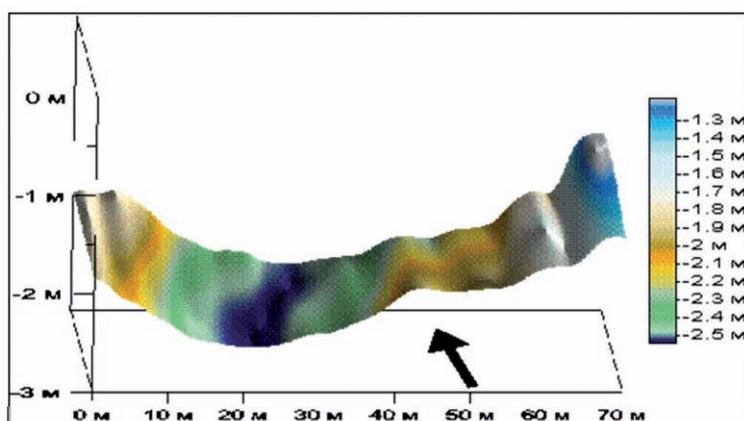


Рис. 7. Трехмерное изображение сечения р. Озерной в месте установки комплекса “NetCor” по данным гидроакустической батиметрии и спутниковой навигационной системы GPS  
Fig. 7. 3D-view of the section across the Ozernaya River at the hydroacoustic complex

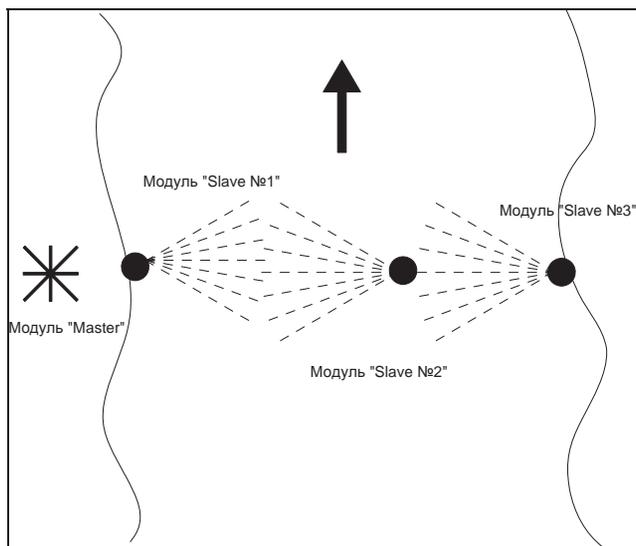


Рис. 8. Схема расстановки с 02.08.2011 г. комплекса “NetCor” с указанием зон регистрации (без масштаба)

Fig. 8. Scheme of the hydroacoustic complex and zones of fish registration since August 02, 2011 (no scale supported)

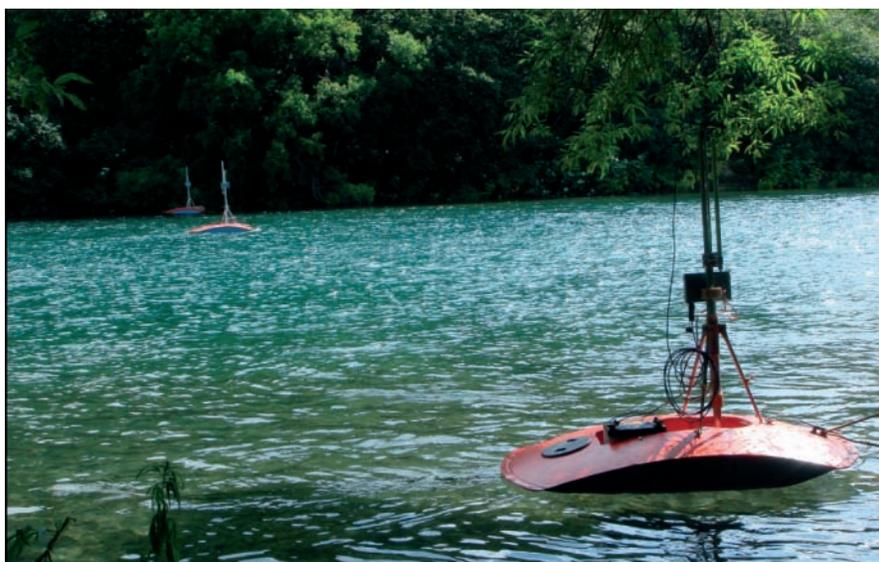


Рис. 9. Фотография комплекса “NetCor”, установленного в свободном от влияния РУЗ сечении реки (рис. 3) по схеме эксперимента (рис. 8), вид с левого берега реки

Fig. 9. Photo of the hydroacoustic complex set in the place free from effects of the fence for fish account (view from the left shore of the river)

задачами работ были оценка численности смолтов, прошедших через его зону гидроакустической регистрации, и сопоставление полученных данных с результатами контрольных обловов. На рис. 11 представлена схема эксперимента.

Методика сбора данных была следующей:

- комплексом “NetCor” велась круглосуточная гидроакустическая регистрация подводной обстановки, на рис. 12 представлена характерная эхограмма регистрации покатной молодежи;
- ежедневно экспедиционным персоналом производился съем накопленных данных;
- периодически облавливали смолтов сетной ловушкой.

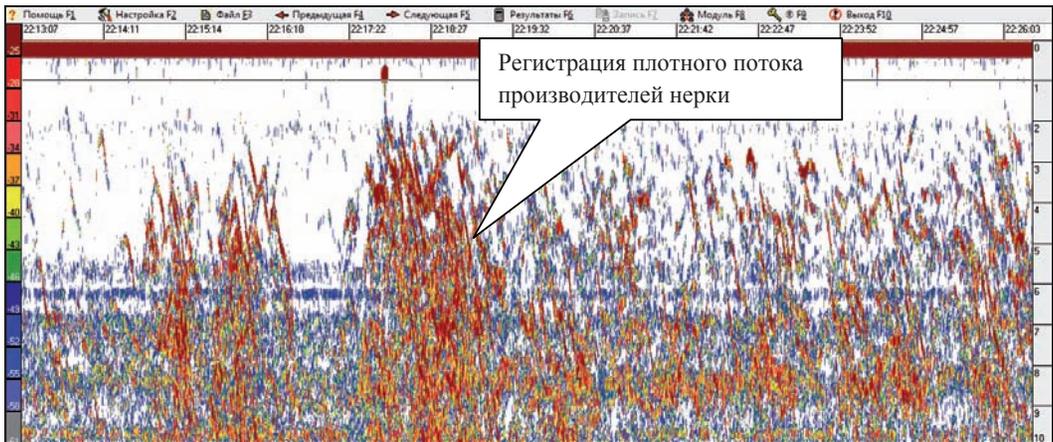


Рис. 10. Эхограмма массового хода производителей по правому берегу реки (модуль № 3 по рис. 8), 01.08.2011 г., 22:00. 1892 экз. за 13 мин, пик — 460 экз. за 1 мин

Fig. 10. Echogram of mass run of adult sockeye along the right shore of the river (module № 3 on the Fig. 8) on August 01, 2011, 22:00 (1892 ind. passed the section in 13 minutes, with the maximum 460 ind./min.)

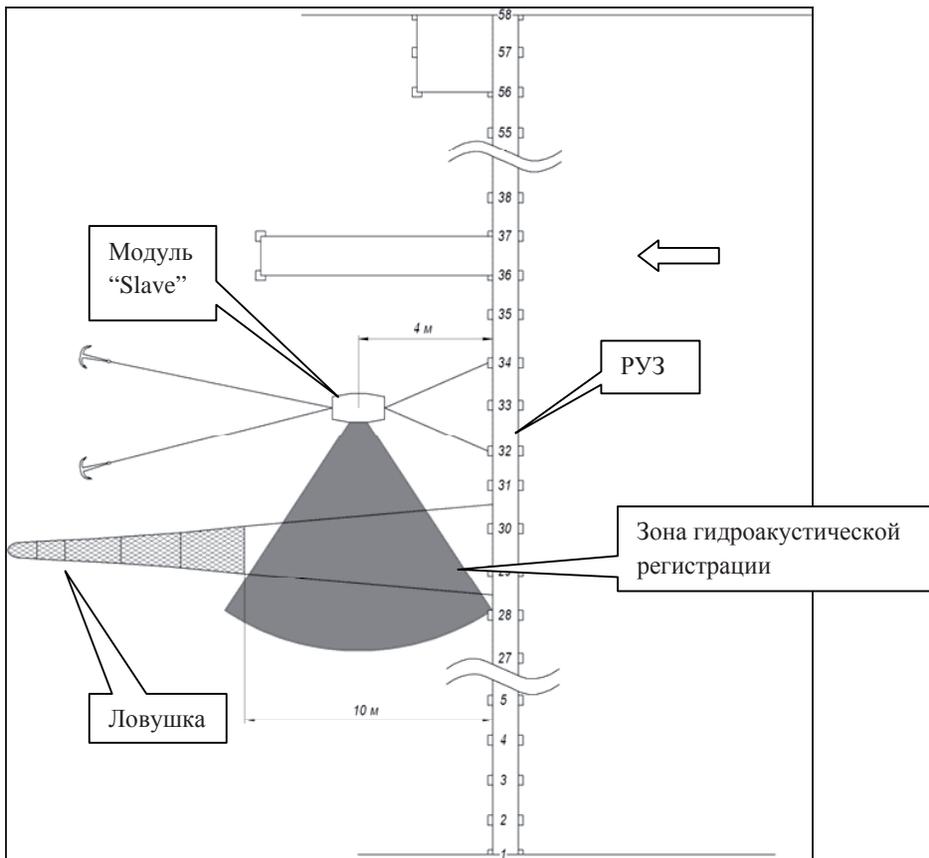


Рис. 11. Схема эксперимента по гидроакустической оценке численности покатной молоди нерки

Fig. 11. Scheme of the experiment on hydroacoustic assessment of the sockeye salmon juveniles escapement

Как видно на рис. 12, покатная молодь регистрировалась в виде разреженных коротких одиночных целей в диапазоне силы цели от  $-44,8$  дБ до  $-39,3$  дБ с расчетной

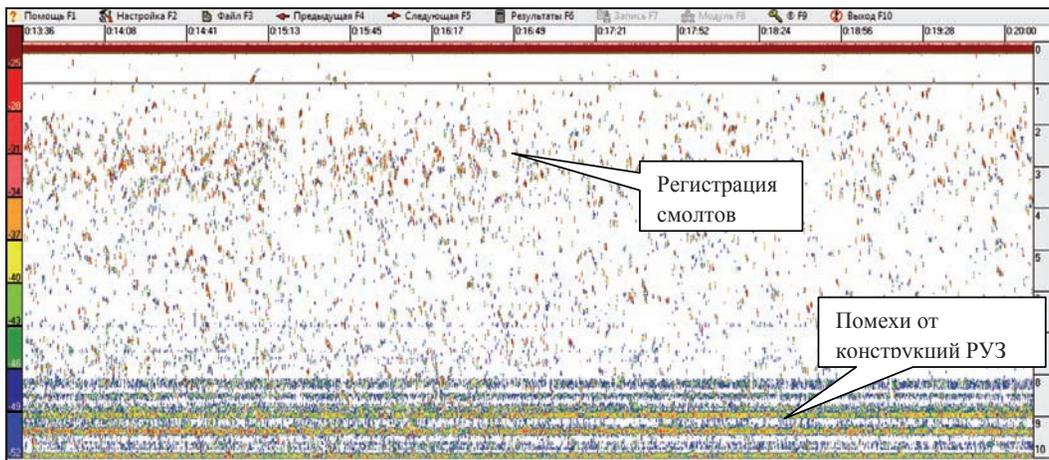


Рис. 12. Гидроакустическая регистрация покатной молоди нерки, 20 июня 2011 г., 00:13–00:20

Fig. 12. Data of hydroacoustic registration of the sockeye salmon juveniles escapement on June 20, 2011, from 00:13 to 00:20

длиной от 8,0 до 15,0 см. Различие гидроакустической регистрации покатной молоди и поднимающихся производителей хорошо видно из сравнения эхограмм на рис. 12 и 10.

### Результаты и их обсуждение

Результаты прямого сопоставления гидроакустической оценки численности проходящих через РУЗ производителей нерки и данных визуального счета приведены в табл. 1.

На рис. 13 изображено графическое представление приведенных в табл. 1 результатов сравнения (коэффициент линейной корреляции  $r = 0,84$ , коэффициент смешанной корреляции  $R^2 = 0,95$  при прогнозирующей линейной функции зависимости акусти-

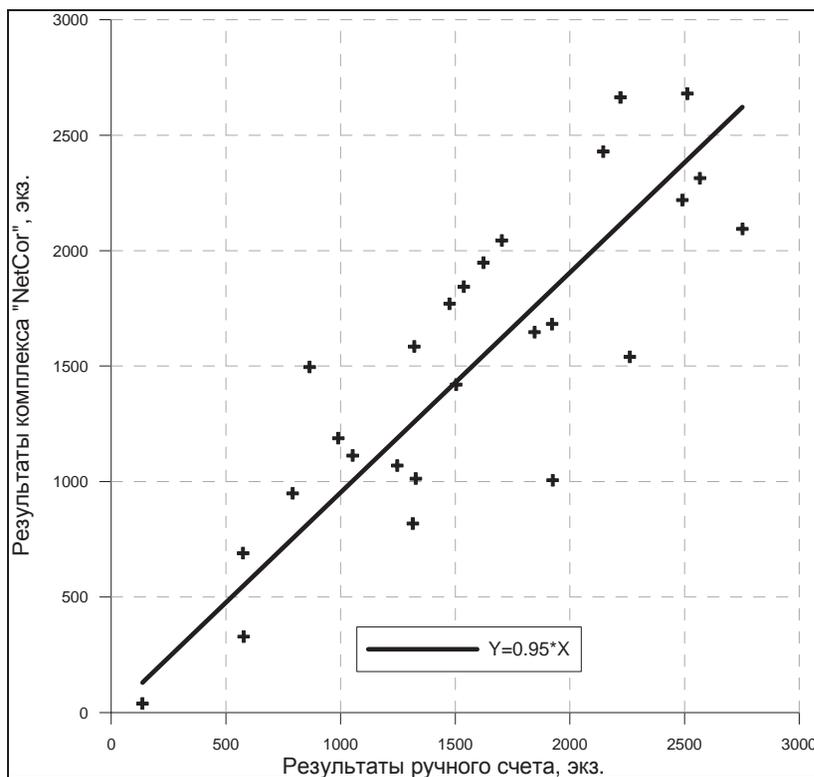


Рис. 13. График зависимости синхронизированных результатов комплекса "NetCor" и ручного счета по оценке численности производителей, прошедших через окно РУЗ

Fig. 13. Correlation between assessments of the sockeye adults migration obtained by synchronized hydroacoustic and visual observations

Таблица 1

Численность прошедших через окно производителей, полученная по синхронизированным гидроакустическим и визуальным наблюдениям в 2010 г., экз.

Table 1

Assessment of the sockeye adults migration by synchronized hydroacoustic and visual observations in 2010

Дата	Время	Результаты ручного счета	Результаты учета комплексом «NetCor»
22.07	16:15–16:45	577	329
	17:45–18:15	1703	2044
	19:15–19:45	1537	1844
	10:00–10:30	1328	1013
	13:00–13:30	1623	1948
	14:30–15:00	1315	818
	16:00–16:30	1475	1770
25.07	10:00–10:10	990	1188
28.07	18:50–19:00	575	690
30.07	10:00–10:10	791	949
	10:50–11:00	136	39
06.08	17:50–18:00	1247	1070
	18:50–19:00	2261	1540
07.08	9:00–9:10	2145	2429
	9:50–10:00	1922	1682
	11:50–12:00	865	1496
08.08	15:30–15:40	1504	1420
09.08	17:00–17:10	2512	2680
	17:50–18:00	2490	2219
	18:50–19:00	2752	2094
13.08	18:20–18:30	1053	1113
19.08	17:30–17:40	1925	1006
	18:30–18:40	1321	1585
21.08	14:20–14:30	1846	1647
	15:10–15:20	2220	2664
	16:10–16:20	2567	2314

ческих результатов от результатов ручного счета вида  $y = 0,95 \times x$ ); коэффициент  $R^2$  показывает, какая доля дисперсии результативного признака объясняется влиянием переменной).

Результаты гидроакустической оценки численности производителей нерки, прошедших через свободное от влияния РУЗ сечение реки, приведены в табл. 2 и на рис. 14.

Как видно на графиках (рис. 14), кульминацией прохода производителей через наблюдаемое сечение реки было 31 июля, а минимальное число рыб прошло 25 июля 2011 г. На рис. 15 и 16 представлены почасовые графики накопления численности кульминационного и минимального прохода производителей нерки через наблюдаемое сечение р. Озерной 25 и 31 июля 2011 г.

Как видно на графиках (рис. 15), в кульминационный момент хода производителей в наблюдаемом сечении реки не наблюдалось значимой суточной неравномерности прохождения рыбы, однако при малой численности проходящих производителей (рис. 16) наблюдается значительная суточная неравномерность — основное число особей прошло в период с часа ночи до четырех часов утра.

Представляет интерес сравнение численности поднявшихся производителей нерки, определяемой гидроакустическим методом и визуальным счетом на рыбоучетном заграждении. На рис. 17 представлены графики накопления численности производителей нерки, поднявшихся через наблюдаемое сечение (см. рис. 3) по данным гидроакустического метода и визуального счета пропуска производителей на РУЗ.

Таблица 2

Посуточная численность прошедших производителей нерки по данным гидроакустической съемки в 2011 г., экз.

Table 2

Daily assessments of the sockeye adults migration by hydroacoustic method in 2011

Дата	Число прошедших особей	Накопление числа прошедших особей
23.07	8684	8684
24.07	2983	11667
25.07	4317	15984
26.07	1891	17875
27.07	20806	38681
28.07	6831	45512
29.07	9955	55467
30.07	115864	171331
31.07	287160	458491
01.08	207539	666030
02.08	192402	858432
03.08	151080	1009512
04.08	57052	1066564
05.08	40809	1107373
06.08	82092	1189465
07.08	51293	1240758
08.08	29042	1269800
09.08	16734	1286534
10.08	13112	1299646
11.08	15390	1315036
12.08	20269	1335305
13.08	24351	1359656
14.08	13499	1373155
15.08	32607	1405762
16.08	40840	1446602
17.08	28452	1475054
18.08	24556	1499610
19.08	11161	1510771
20.08	13581	1524352
21.08	24833	1549185
22.08	26535	1575720
23.08	10157	1585877
24.08	43585	1629462
25.08	93692	1723154
26.08	72485	1795639
27.08	45867	1841506
28.08	18696	1860202

На рис. 17 видны два сдвига графиков накопления численности — временной и амплитудный. Временной сдвиг между данными гидроакустики и визуального счета объясняется более поздней установкой комплекса “NetCor” относительно начала массового хода производителей. Поскольку между наблюдаемым сечением реки и РУЗ лежит 3,5 км реки с нерестилищами, можно с достаточной уверенностью предположить, что часть производителей рассеивается по акватории нерестилищ, не доходя до рыбоучетного заграждения, что объясняет наличие амплитудного сдвига. Динамика прохождения производителей по участку реки от наблюдаемого сечения до РУЗ и их поведение на этом участке никак не могут быть определены ни гидроакустикой, ни визуальным счетом.

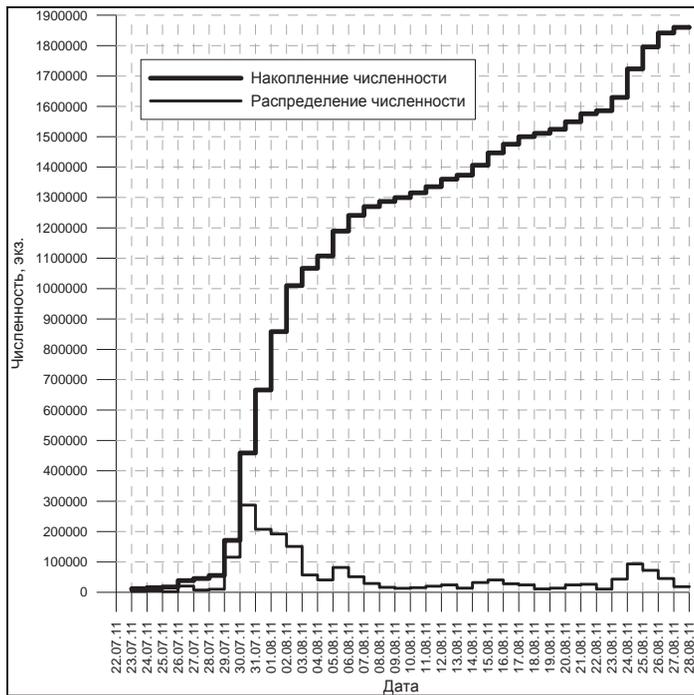


Рис. 14. Суточные графики распределения и накопления численности производителей нерки, прошедших через наблюдаемое сечение за весь период наблюдения  
 Fig. 14. Daily and cumulative number of the sockeye adults passed the section of observation

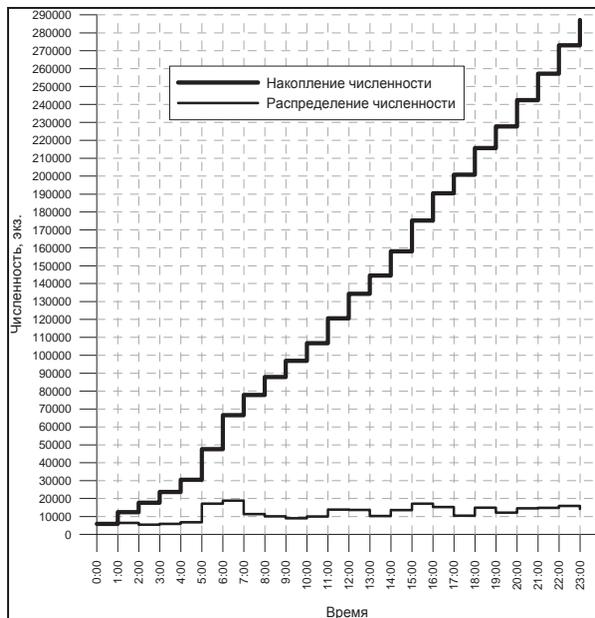


Рис. 15. Почасовые графики распределения и накопления численности производителей нерки, прошедших через наблюдаемое сечение 31 июля 2011 г.  
 Fig. 15. Daily dynamics of the sockeye adults run on July 31, 2011 and their cumulative number

Результаты экспериментальной гидроакустической оценки численности покатной молоди нерки (смолтов), прошедшей через зону гидроакустической регистрации по схеме эксперимента (рис. 11), приведены в табл. 3, на рис. 18 дано графическое представление полученных результатов.

Рис. 16. Почасовые графики распределения и накопления численности производителей нерки, прошедших через наблюдаемое сечение 25 июля 2011 г.

Fig. 16. Daily dynamics of the sockeye adults run on July 25, 2011 and their cumulative number

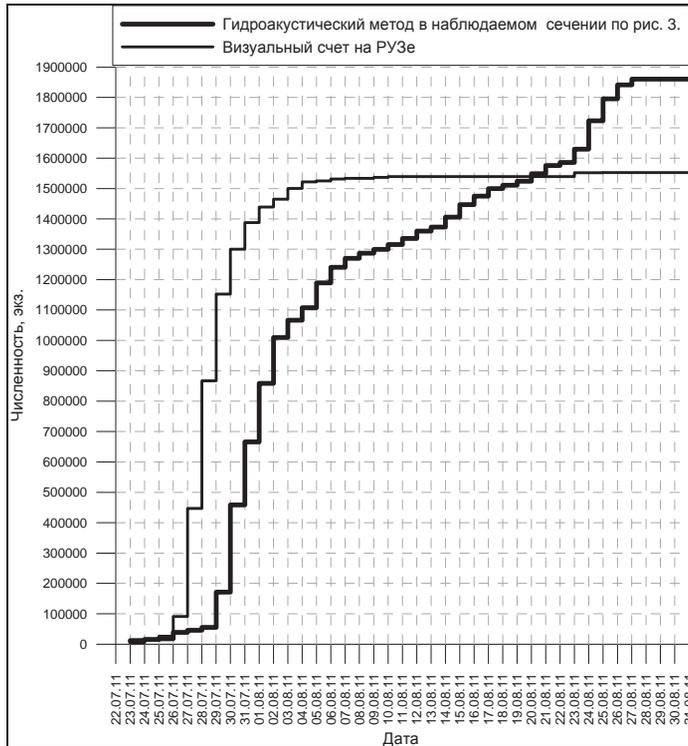
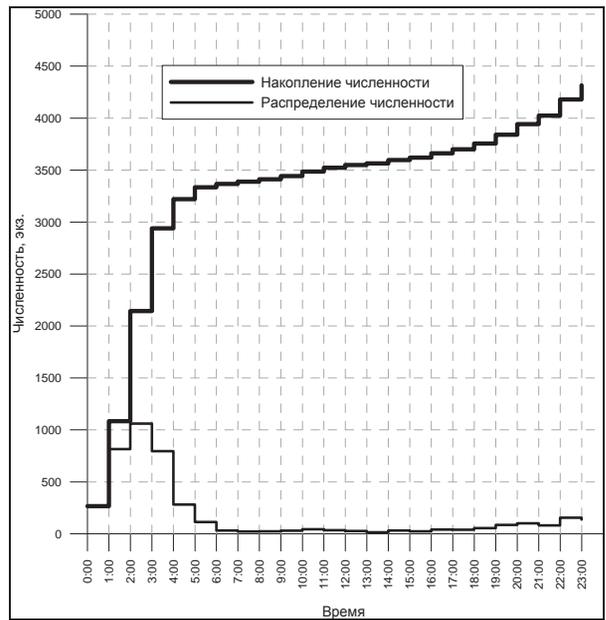


Рис. 17. Суточные графики накопления численности производителей нерки по гидроакустическим данным и данным визуального счета

Fig. 17. Cumulative number of the sockeye adults passed the section of observation, by hydroacoustic and visual counting

Как видно по линии накопления численности на рис. 18, за период наблюдения посуточный скат молоди проходил достаточно равномерно. Внутрисуточная структура ската молоди крайне неоднородна, на рис. 19 показаны графики накопления и распределения численности по данным только одного модуля “Slave” за 20 июня 2011 г.

Таблица 3

Посуточная численность смолтов по данным гидроакустической съемки в 2011 г., экз.

Table 3

Dynamics of the sockeye juveniles number by hydroacoustic monitoring in 2011

Дата	Число прошедших особей	Накопление числа прошедших особей
08.06	144	144
09.06	6354	6498
10.06	9993	16491
11.06	14610	31101
12.06	3050	34151
13.06	200	34351
14.06	2427	36778
15.06	1023	37801
16.06	211	38012
17.06	3034	41046
18.06	26070	67116
19.06	35630	102746
20.06	9332	112078
21.06	2832	114910
22.06	18097	133007
23.06	15239	148246
24.06	20943	169189
25.06	16129	185318
26.06	2131	187449
27.06	203	187652
28.06	0	187652
29.06	6004	193656
30.06	12565	206221
01.07	7234	213455
02.07	1338	214793
03.07	5930	220723
04.07	4757	225480
05.07	16365	241845
06.07	14893	256738
07.07	142	256880
09.07	221	257101

Как показывают графики на рис. 19, основное число смолтов регистрируется в период с 22:00 по 04:00, т.е. в темное время суток.

Сопоставление полученных акустическим учетом данных о численности прошедших через зону регистрации смолтов с результатами контрольных обловов ловушкой проводили по следующей схеме.

По гидроакустическим регистрациям определяли численность смолтов, прошедших через зону гидроакустической регистрации за промежуток времени, в пределах которого не было помех от ловушки. Вычисляли среднюю, на одну минуту, численность смолтов, прошедших через зону гидроакустической регистрации. Это среднее значение умножали на длительность облова, получая таким образом оценку численности смолтов, прошедших за время облова, для сравнения ее с результатами облова. Так же определяли среднюю, на одну минуту, объемную плотность в единицах на кубический метр, используя данные системы "NetCor" по силе объемного обратного рассеяния и распределению силы цели зарегистрированных смолтов в диапазоне от  $-44,8$  до  $-39,3$  дБ с расчетной длиной от  $8,0$  до  $15,00$  см по формуле  $TS = 20 \times Lg(L) - 62,8$  (см. рис. 1).

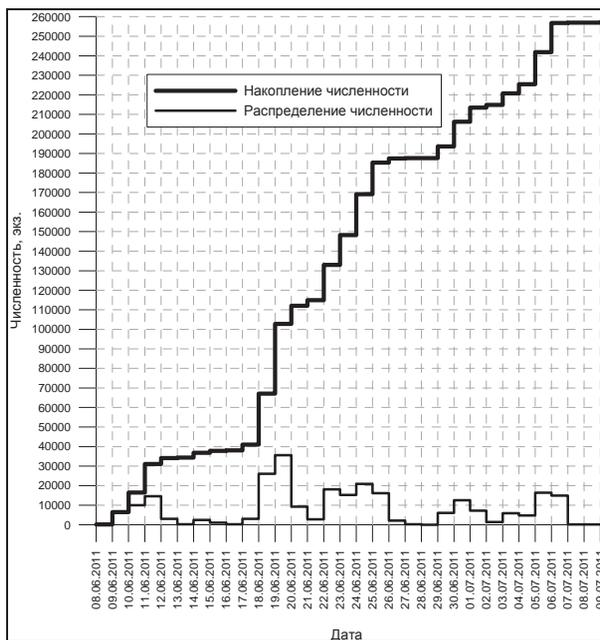


Рис. 18. Суточные графики распределения и накопления численности молоди нерки за весь период наблюдения

Fig. 18. Daily and cumulative number of the sockeye juveniles for the whole period of observations

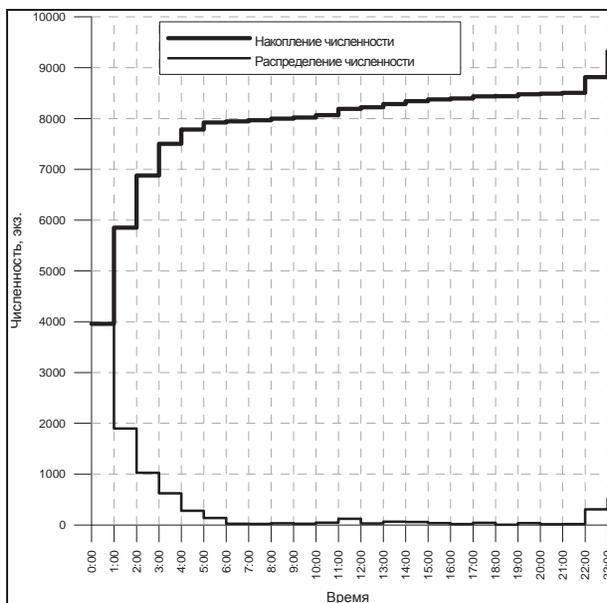


Рис. 19. Почасовые графики распределения и накопления численности молоди нерки за 20 июня 2011 г.

Fig. 19. Daily dynamics of the sockeye juveniles escapement on June 20, 2011 and their cumulative number

По данным уловов вычисляли среднюю, на одну минуту, объемную плотность в единицах на кубический метр. Последнюю вычисляли по среднему значению отцеживаемого ловушкой объема воды в минуту —  $77,7 \text{ м}^3/\text{мин}$ , исходя из площади входа в ловушку ( $3,01 \text{ м}^2$ ), средней скорости течения реки ( $0,43 \text{ м/с}$ ) и длительности облова.

В табл. 4 представлены исходные и расчетные данные для сравнения, на рис. 20 (коэффициент линейной корреляции  $r = 0,83$ , коэффициент смешанной корреляции  $R^2 = 0,91$ , при прогнозирующей линейной функции зависимости результатов ручного счета от акустических результатов вида  $y = 0,66 \times x$ ) и 21 (коэффициент линейной корреляции  $r = 0,93$ , коэффициент смешанной корреляции  $R^2 = 0,95$ , при прогнозирующей линейной функции зависимости результатов ручного счета от акустических результатов вида  $y = 0,71 \times x$ ) показана зависимость абсолютных и относительных результатов в графическом виде.

Таблица 4

Результаты сравнения оценки численности смолтов по акустическим данным  
и данным контрольного облова в 2011 г.

Table 4

Results of the sockeye juveniles escapement assessments by hydroacoustic method and control  
catch in 2011

Дата	Акустический метод		Облов		
	Численность пропущенных за время облова смолтов, экз.	Плотность, экз./м <sup>3</sup> /мин	Улов, экз.	Время, мин	Плотность, экз./м <sup>3</sup> /мин
11.06	64	0,173	51	5	0,131
17.06	60	0,162	71	5	0,183
18.06	378	0,795	208	5	0,536
19.06	117	0,316	128	5	0,329
20.06	235	0,581	223	6	0,478
23.06	367	0,756	255	8	0,410
24.06	244	0,451	189	7	0,347
25.06	41	0,071	10	6	0,021
26.06	65	0,150	42	5	0,108
29.06	119	0,309	149	6	0,320
30.06	74	0,096	23	6	0,049
01.07	270	0,150	94	26	0,047

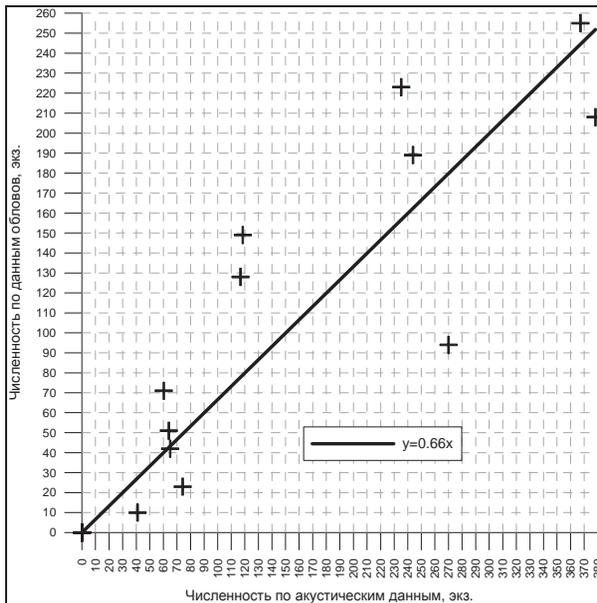


Рис. 20. График зависимости численности смолтов, определенной по данным уловов, от численности смолтов, определенной по акустическим данным

Fig. 20. Correlation between the sockeye juveniles assessments by hydroacoustic method and catch

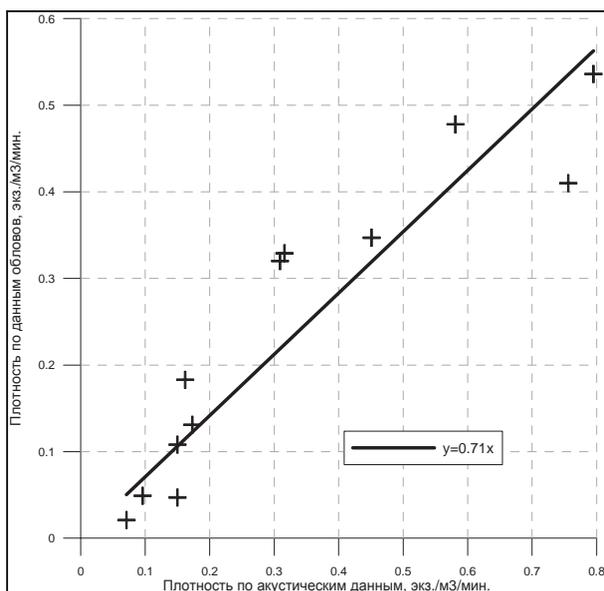


Рис. 21. График зависимости плотности смолтов, определенной по данным уловов, от плотности смолтов, определенной по акустическим данным

Fig. 21. Correlation between the sockeye juveniles density assessed by hydroacoustic method and catch

Из данных, приведенных в табл. 4 и отраженных на графиках рис. 20 и 21, видно, что наблюдается статистически значимая линейная связь между гидроакустической оценкой покнатной молодежи нерки и результатами контрольных обловов. Для абсолютных значений численности эта связь менее плотная, чем для относительных, что естественно с учетом разных значений объема зоны гидроакустической регистрации и объема применяемой сетной ловушки. Коэффициент линейной зависимости между сравниваемыми данными значительно отличается от единицы — плотность потока по акустическим данным в 1,4 раза больше, чем по данным обловов, это может быть объяснено неизвестным значением уловистости и селективности применяемого орудия лова, включая в категорию уловистости и неизбежное распугивание рыбы при постановке ловушки.

КамчатНИРО и ООО «Промгидроакустика» планируют в 2012 г. провести работы по гидроакустическому учету производителей и покнатной молодежи нерки р. Озерной в сечении реки, свободном от влияния РУЗ, в течение всего сезона — с июня по август включительно. Это позволит отработать методику и сформулировать рекомендации по дальнейшему использованию комплекса “NetCor” как возможного инструмента для количественной оценки численности ценных проходных рыб на реках, где организация стационарных рыбохозяйственных исследований затруднительна или невозможна, а надежная промысловая статистика отсутствует.

### Выводы

Гидроакустические характеристики комплекса “NetCor” (рабочая частота, уровень излучения и чувствительность на прием, направленность антенны) обеспечивают регистрацию крупных целей — производителей нерки — и слабых целей — покнатной молодежи — как контрастных целей на фоне реверберационных помех. Контрастность регистрации позволяет использовать известные методы количественной оценки — эхосчет и эхоинтегрирование. Радиоканал передачи данных обеспечивает достаточную производительность разнесенной измерительной сети.

Описанный подход дает представительные оценки численности прошедших через наблюдаемое сечение производителей и смолтов при условии соблюдения принятого допущения — стационарности (однонаправленности) потока, обеспечивающей одно-

кратность регистрации проходящих рыб. Следует признать удачным выбор наблюдаемого свободного от влияния РУЗ сечения реки в работах по оценке численности производителей нерки. Узкое чашеобразное сечение с приглубыми берегами обеспечивает простоту установки модулей “Slave” и совмещение зоны гидроакустической регистрации и зоны прохождения рыбы.

Принято считать, что погрешность гидроакустического метода может составлять до  $\pm 30\%$  (Юданов и др., 1984), причем с вероятностью недооценки выше, чем переоценки. В эту погрешность входят ошибки как этапа измерения, так и этапа интерпретации измерений в искомую численность. Измеренная погрешность восстановления отражательной способности одиночной цели (определение размера рыбы) комплекса “NetCor” составила  $\pm 0,2$  дБ (5 %). Погрешность измерений численности проходящих производителей методом эхоинтегрирования с использованием комплекса “NetCor” (в допущении истинности результатов ручного счета) составила 5 % при высоком значении меры статистической связи между двумя величинами. Обе оцененные здесь величины ошибок — времени измерения и времени интерпретации — нельзя считать независимыми, так как отражательная способность зарегистрированных одиночных рыб просто является множителем в формуле эхоинтегрирования. Поэтому общая погрешность оценки численности проходных рыб комплексом “NetCor” в описанных условиях времени, места и объекта исследований будет не меньше суммы этих двух величин, т.е.  $\pm 10\%$ .

### Список литературы

- Антонов Н.П., Бугаев В.Ф., Дубынин В.А.** Биологическая характеристика и динамика численности основных стад азиатской нерки — рек Озерной и Камчатки // *Вопр. рыб-ва.* — 2007. — Т. 8, № 3(31). — С. 418–458.
- Бугаев В.Ф.** Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности) : монография. — М. : Колос, 1995. — 464 с.
- Бугаев В.Ф., Дубынин В.А.** Факторы, влияющие на биологические показатели и динамику численности нерки *Oncorhynchus nerka* рек Озерной и Камчатка // *Изв. ТИНРО.* — 2002. — Т. 130. — С. 679–757.
- Бугаев В.Ф., Маслов А.В., Дубынин В.А.** Озерновская нерка (биология, численность, промысел) : монография. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2009. — 156 с.
- Дубынин В.А., Бугаев В.Ф.** Изменчивость качественных показателей смолтов нерки в связи с фертилизацией // *Проблемы фертилизации лососевых озер Камчатки.* — Владивосток : ТИНРО, 1988. — С. 83–104.
- Дубынин В.А., Бугаев В.Ф.** Качественные показатели смолтов нерки *Oncorhynchus nerka* стада р. Озерная в 1965–1973 и 1991–2002 годы и особенности структуры пресноводной части чешуи рыб поколения 1994 года // *Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей* : докл. 4-й науч. конф. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2004. — С. 33–46.
- Егорова Т.В.** Нерестовый ход и сроки нереста *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) в бассейне р. Озерной // *Вопр. ихтиол.* — 1977. — Т. 17, вып. 4. — С. 634–641.
- Егорова Т.В.** Основные закономерности, определяющие динамику численности красной *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) в бассейне р. Озерной : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ТИНРО, 1968. — 22 с.
- Крогиус Ф.В.** Зависимость хода красной (нерки) по реке и ската ее молоди от суточного хода температуры воды, ее рН и содержания растворенных в воде газов // *Изв. ТИНРО.* — 1954. — Т. 41. — С. 197–229.
- Кузнецов И.И.** Некоторые наблюдения над размножением амурских и камчатских лососей : *Изв. ТОНС.* — 1928. — Т. 2, вып. 2. — 196 с.
- Николаев А.С.** Горизонтальное распределение и миграции молоди нерки *Oncorhynchus nerka* в Курильском озере (Камчатка) // *Вопр. ихтиол.* — 1988а. — Т. 28, вып. 6. — С. 961–970.
- Николаев А.С.** Некоторые результаты исследований экологии вертикального распределения пелагической молоди нерки до и после фертилизации озера Курильского // *Проблемы фертилизации лососевых озер Камчатки.* — Владивосток : ТИНРО, 1988б. — С. 65–82.
- Николаев А.С.** Особенности вертикального распределения пелагической молоди нерки *Oncorhynchus nerka* в Курильском озере в летне-осенний период // *Вопр. ихтиол.* — 1990. — Т. 30, вып. 3. — С. 392–403.

**Николаев А.С.** Прогностические аспекты соотношения «скат–возврат» у стада нерки бассейна реки Озерная на Камчатке // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. — Петропавловск-Камчатский : КоТИНРО, 1995. — Вып. 3. — С. 12–22.

**Николаев А.С., Дубынин В.А.** Некоторые результаты эхолотной регистрации рыб в Курильском озере осенью 1977 г. : отчет о НИР / КамчатНИРО. № ГР 77064337; Инв. № 3667. — Петропавловск-Камчатский, 1977. — 16 с.

**Николаев А.С., Николаева Е.Т.** Некоторые аспекты лимнологической классификации нерковых озер Камчатки // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. — Петропавловск-Камчатский : КоТИНРО, 1991. — Вып. 1, ч. 1. — С. 3–17.

**Николаев А.С., Николаева Е.Т., Николаева А.А.** Некоторые аспекты экологии горизонтального распределения пелагической молоди нерки в озере Курильское на Камчатке // Экология. — 1994. — № 4. — С. 67–74.

**Семко Р.С.** Современные изменения численности тихоокеанских лососей и их основные причины // Труды совещания по динамике численности рыб. — М. : АН СССР, 1961. — Вып. 13. — С. 117–129.

**Шевляков Е.А., Дубынин В.А.** План управления промыслом нерки р. Озерная // Вопр. рыб-ва. — 2012. — Т. 13, № 1(49). — С. 157–165.

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

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

**MacLenan D.N., Simmonds E.J.** Fisheries Acoustics. — L. : Chapman & Hall, 1992.

**Pella J.J.** Distribution and growth of sockeye salmon fry in Lake Aleknagik, Alaska, during the summer of 1962 // Further studies of Alaska Sockeye salmon. — Seattle : Univ. of Wash., 1968. (Fisheries New Series; Vol. 3). — P. 45–111.

**Rogers D.E.** Estimation of pelagic fish population in the Wood River Lake, Alaska, from town net echogram marks : Ph. D. Thesis. — Seattle : Univ. of Wash., 1967. — 91 p.

**Thorne R.E., Dawson J.J., Traynor J.J., Burgner R.L.** Population studies of juvenile sockeye salmon in Lake Washington with the use of acoustic assessment techniques // "EIFAC" Techn. Paper. — 1975. — № 23, Suppl. 1/1. — P. 328–345.

**Thorne R.E., Woodey J.C.** Stock assessment by echointegration and application to juvenile sockeye salmon in Lake Washington : Washington Sea Grant Public. — 1970. — № 70–2. — 31 p.

*Поступила в редакцию 22.05.12 г.*