

Никулина В.Н., Гутельмахер Б.Л., 1974. Фотосинтетическая активность отдельных видов водорослей планктона оз. Кривого // Экология, № 4. С. 101–104.

Pavelieva E.B., Umnova L.P., 2005. The balance of organic matter in the Krivoye lake. // Abstracts of conference «Aquatic Ecology at the Dawn of XXI Century», St-Petersburg. P. 72.

COMPOSITION AND ABUNDANCE OF THE PHYTOPLANKTON OF LAKE KRIVOYE (WSBST. RAS) 1960S AND 2000S YEARS

V.N. Nikulina

Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

e-mail: veranik@zin.ru

Ecosystem of Lake Krivoye was investigated in 1968–1972 within the framework of the International Biological Program. The research carried out in 2002–2008 showed that the abundance of some endogenous populations of plankton algae had decreased (Bacillariophyta), while the abundance of others had increased (Cyanophyta). The Cryptophyta turned out to be a new group for the phytoplankton of this lake. Changes in phytoplankton structure had increased its nutritional importance. Percent of algae, which are available for consumption by zooplankton filterers (size < 40 µm), had increased (Cyanophyta, Cryptophyta, Dinophyta). Availability of plankton algae for zooplankton filter feeders at present comprises $44.2 \pm 9.2\%$ of total biomass.

ИССЛЕДОВАНИЯ НЕРЕСТОВЫХ МИГРАЦИЙ ЦЕННЫХ ВИДОВ РЫБ С ПОМОЩЬЮ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Д.С. Павлов¹, Э.С. Борисенко¹, А.Д. Мочек¹, А.И. Дегтев²

¹Учреждение Российской академии наук Институт проблем экологии и эволюции им А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия, e-mail: esborisenko@gmail.com

²ООО «ПромГидроакустика», г. Петрозаводск

В последние десятилетия в северной Атлантике наблюдается устойчивая тенденция снижения численности лососевых и сиговых рыб. По данным ICES (International Council for the Exploration of the Sea) состояние запасов атлантического лосося (*Salmo salar*, L.) во всех частях ареала его обитания, за редким исключением, оценивается как критическое (ICES, 2003). Это снижение вызвано многими факторами, среди которых выделяют возросшую смертность рыб в районах нагула, чрезмерный пресс промысла, неконтролируемый лов (браконьерство), гидростроительство в нерестовых реках, загрязнение и разрушение пресноводной среды обитания, воздействие культивируемых рыб на генофонд «диких» популяций, распространение болезней и паразитов в результате развития аквакультуры. Некоторые из этих причин привели к значительному сокращению численности рыб во многих реках Карелии, Архангельской и Мурманской областях (Прусов С.В., 2004).

Под воздействием комплекса факторов различного происхождения ежегодные колебания численности атлантического лосося могут быть очень значительными, что приводит к ситуациям, когда использование ресурса может быть весьма рискованным для устойчивой эксплуатации и удовлетворительного состояния популяции (NASCO, 2000). В современных условиях, когда запасы атлантического лосося требуют эксплуатации с учетом осторожного подхода (NASCO, 1999), назрела необходимость мониторинга состояния его численности. Результаты исследований позволят не только максимально снизить вероятность подрыва численности атлантического лосося, но и дадут возможность использовать его запас с наибольшей социально-экономической выгодой на долгосрочной основе.

После завершения коммерческого лова с использованием РУЗ на многих реках, возникла проблема оценки численности лосося и сбора данных по качественным параметрам популяции, необходимых для рациональной эксплуатации запаса. Решение проблемы оценки численности требует внедрения новых, не традиционных, методов оценки ресурса. В настоящее время наиболее эффективными принято считать гидроакустические методы, позволяющие оценивать численность мигрирующих рыб проходящих контролируемое сечение реки в течении длительного времени. Для этих целей разработана методи-

ка и создан гидроакустический комплекс «NetCor» по учету проходящих на нерест рыб с сетью автономных станций управляемых по радиоканалу (Дегтев и др., 2007). Этот комплекс использовался в экспериментальных исследованиях на реках разного типа – Северная Двина и Онега (Архангельская область), Поной (Кольский полуостров) и протока Варпак (р. Нижний Иртыш).

Аппаратура и методика

Основное назначение комплекса – количественная оценка рыб проходящих через сканируемое сечение реки, определение их размерного состава и направления 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 не лицензируемом диапазоне радиочастот ISM 2.4 ГГц с использованием трансиверов «NanoNET» (стандарт IEEE 802.15.4a). Акустическое зондирование осуществляется в горизонтальной плоскости под любым заданным углом к поверхности воды или дна.

Основные технические характеристики: рабочая частота – 455 КГц; длительность зондируемых импульсов – от 0.1 до 1.0 мс; электрическая мощность на антенне 40 – 80 Вт; частота следования посылок – до 12 Гц; ширина характеристики направленности одного луча на уровне – 6 дБ 10°, ширина многолучевого сектора обзора до 80° в плоскости веера лучей каждой антенны; в горизонтальном режиме обеспечивается регистрация рыб при глубине места от 0.5 м; в горизонтальном режиме максимальная дальность регистрации одиночной рыбы с силой цели – 50 дБ – 20 м; дистанция устойчивой радиосвязи – до 200 м, дистанция предельной радиосвязи – до 600 м (в зависимости от используемых радиоантенн); число плавучих гидроакустических станций в сети – до 16 шт; электрическое питание – +/- 12 В; математическое обеспечение системы состоит из программы управления комплексом и сбора данных с сети плавучих гидроакустических станций в реальном времени и программы камеральной обработки полученной информации в отложенном времени на компьютерах платформы x86 под управлением ОС «Windows».

На плавучих платформах расположены сканирующая многолучевая акустическая антенна, цифровой, программно-управляемый генератор-приемник, радиопередающее устройство для приема и передачи акустической информации и аккумуляторная батарея.



Рис. 1. Сеть из 3-х плавучих станций комплекса, установленная на реке Северная Двина для подсчета ценных видов рыб идущих на нерест

Программа управления работой комплекса позволяет с компьютера-ноутбука устанавливать режимы работы комплекса, осуществлять ввод и хранение данных цифрового представления эхосигнала. Визуализация подводной обстановки осуществляется в виде движущейся эхограммы – интегральной и по каналам. Режимы встроенного осциллографа и секторного обзора позволяют выделять отдельные цели и проводить контрольные измерения силы цели рыб. Вся информация и массив получаемых гидроакустических данных непрерывно записываются в память компьютера. При

обработке информации осуществляется фильтрация помех и кластерный анализ для выделения полезного сигнала от рыбы на фоне реверберации акустического сигнала от поверхности воды, дна и неоднородностей водной среды. В результате обработки формируются таблицы обработанных данных, в которых фиксируется вся информация от каждой рыбы, прошедшей через зону регистрации акустического поля многолучевой антенны: порядковый номер рыбы, направление ее перемещения, акустическая сила цели, длина рыбы и время регистрации.

Количество плавучих платформ и расстояние между ними устанавливаются в пределах дальности действия гидролокаторов, зависящей от глубины и ширины реки в месте установки антенны. При проведении экспериментальных регистраций рыб в перечисленных реках использовали до 3 плавучих платформ (рис.1.)

Наблюдения в стационарных условиях с использованием комплекса «NetCor» позволяют получить оценку численности рыб в режиме ежесуточного накопления данных в течение длительного периода. При этом, нельзя ограничиваться сбором данных только в какой-то отдельный период суток, т.к. состояния погоды (пасмурно-солнечно, осадки, температура, лунные циклы и др.), может существенно изменить суточную динамику миграций. Обработка результатов наблюдений выполняется подготовленным оператором и не требует значительных затрат времени

Результаты и обсуждение

Протока Варпак. Целью экспериментальных работ с использованием комплекса «NetCor» на р. Варпак – выявление суточной миграции туводных рыб, в том числе миграции ранней молоди, через устье реки. Работы проводились в устье протоки Варпак в период высокой воды с 10.00 29 июня по 10.00 07 июля 2008 г.

Береговое, программно-управляемое устройство комплекса размещалось в лабораторном корпусе научно-исследовательского стационара «Миссия» на расстоянии более 100 м от плавучей платформы. Ширина реки в месте установки 12–15 м, максимальная глубина места 1,5 м, уровень воды за время наблюдения упал до 1 м. Место и направление установки антенны определяет приведенные ниже термины направления движения зарегистрированных рыб: слева направо – вверх против течения, справа налево – вниз по течению.

Наблюдения за перемещением рыб с помощью комплекса «NetCor» проводилось круглосуточно. Зондирование сечения реки осуществлялось в сторону правого берега реки в горизонтальной плоскости. Глубина погружения антенны – 0,5 м, наклон диаграммы направленности изменяли в пределах – 1–3 градуса в сторону поверхности воды, в зависимости от уровня. Мертвая зона гидролокатора составляла от 0,5 м до 1 м. Перекрытие сечение реки по вертикали составило более 75 %. Сектор сканирования многолучевой антенны – 70°, позволял устойчиво регистрировать направление перемещения рыб в градациях вверх/вниз по течению. Высокая чувствительность антенны гидролокатора по приему и достаточный динамический диапазон позволял регистрировать раннюю молодь рыб с размерами около 1 см на расстояниях более 15 м. Фрагмент отображения прохождения мелкой рыбой протоки Варпак по шести каналам многолучевой антенны гидролокатора и результат кластерной обработки фрагмента наблюдений приведены на рис.2 и 3.

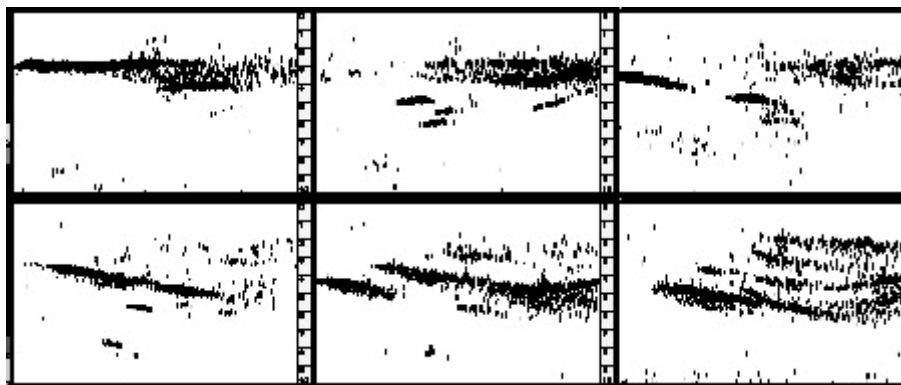


Рис. 2. Фрагмент отображения прохождения мелкой рыбой протоки Варпак по шести каналам многолучевой антенны гидролокатора

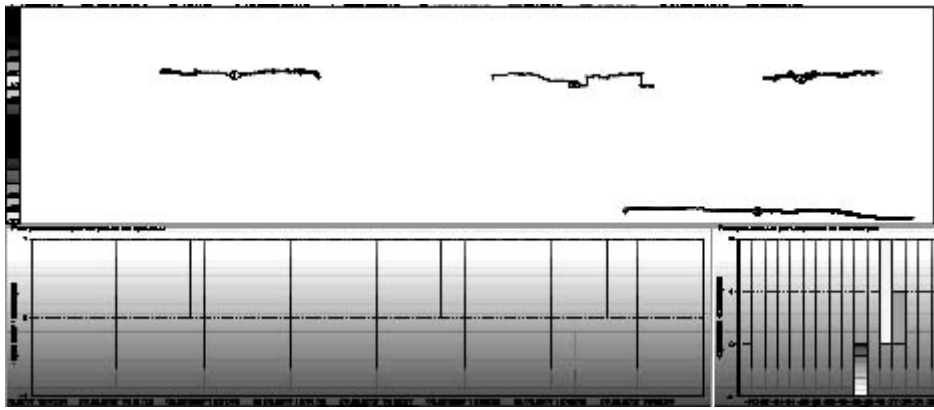


Рис. 3. Результат кластерной обработки фрагмента наблюдений в протоке Варпак (3 рыбы прошли вверх по течению и 1 вниз)

Вся информация и массив получаемых гидроакустических данных непрерывно записывались в память компьютера. При обработке информации осуществлялась фильтрация помех и кластерный анализ для выделения полезного сигнала от рыбы на фоне реверберации акустического сигнала от поверхности воды, дна и неоднородностей водной среды. В результате наблюдений определена суточная динамика перемещения рыб вниз и вверх по течению протоки Варпак (рис.4.) Размерный состав молоди рыб и рыб длиной более 6 см, прошедших через устье протоки Варпак в течение 8 суток, приведен на рис.5.и 6. По результатам сетных обловов, рыбное население протоки Варпак состояло в основном из 6 видов, Размерный состав рыб в том числе и ранней молоди выловленной мальковым тралом в хорошо согласовывался с данными гидроакустических измерений.

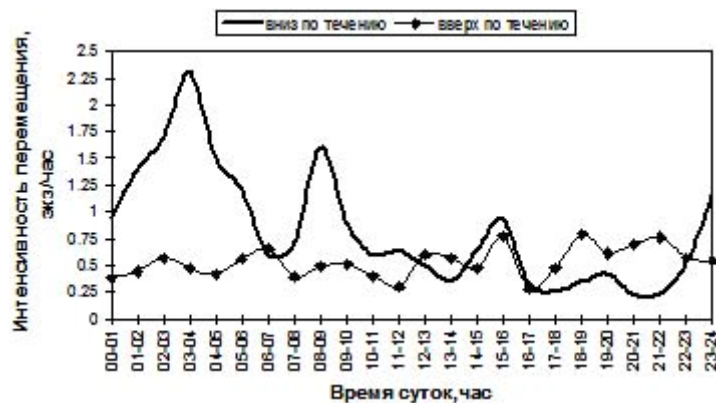


Рис. 4. Суточная динамика перемещения рыб вверх и вниз по течению протоки Варпак за время наблюдений с 29.06. по 07.07.2008 г.

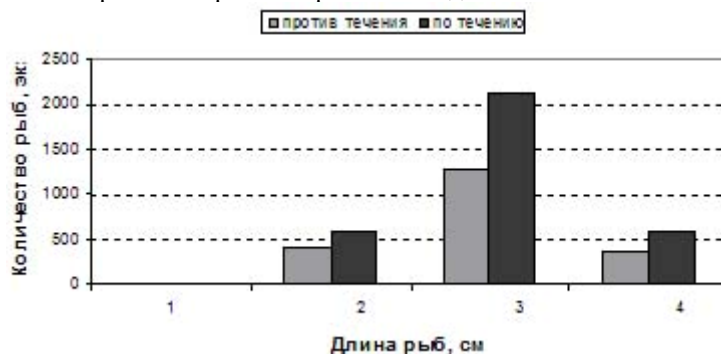


Рис. 5. Размерный состав ранней молоди рыб, прошедшей через сечение протоки Варпак вверх и вниз по течению

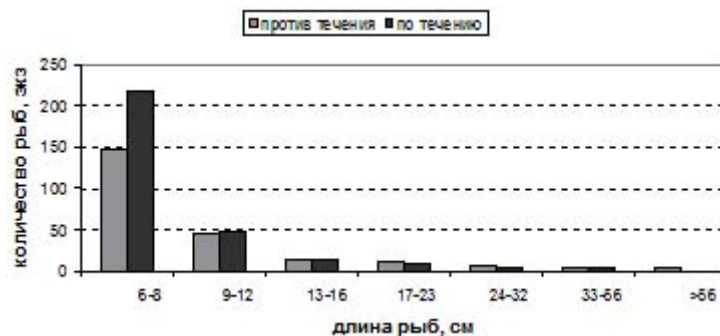


Рис. 6. Размерный состав рыб длиной более 6 см прошедшей через сечение протоки Варпак вверх и вниз по течению

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных наблюдений за перемещением рыб в устье протоки Варпак с помощью многолучевого гидроакустического комплекса выявлено, что научно-исследовательский гидроакустический комплекс «NetCor» с многолучевой высокочастотной акустической системой обеспечивает регистрацию перемещений рыб разного размера, включая раннюю молодь с размерами около 1 см.

Река Поной характеризуется наличием мощных турбулентных потоков с высоким содержанием пузырьков воздуха. Плавучую платформу комплекса «NetCor», для выполнения работ в стационарном режиме, устанавливали вблизи берега в районе базового лагеря. Использовали одну плавучую платформу, период наблюдений составил около 1.5 суток (Павлов и др.2008 г.). В процессе экспериментов переключали диапазоны дальности – 10 и 20 м, а также мощность излучаемых сигналов – 10 и 25 Вт, длительности импульсов от 0.1 до 0.8 мс. Акустическую антенну устанавливали на разных горизонтах от 10 до 70 см от поверхности и ориентировали под разными углами к поверхности воды. Сектор сканирования по горизонтали – 70°, зондирование пространства по вертикали на расстоянии 10 м составляет 2.2 м, 20 м – более 4 м, таким образом, осуществляется полное перекрытие водного потока по глубине в зоне действия прибора. На эхограмме (рис.7.) четко прослеживается направление перемещение рыбы вверх по течению, о чем свидетельствует время начала первой регистрации рыбы крайним правым лучом антенны (канал 6) направленным в сторону устья реки. Реверберационные помехи от дна, поверхности воды и турбулентных потоков при камеральной обработке отфильтровываются.

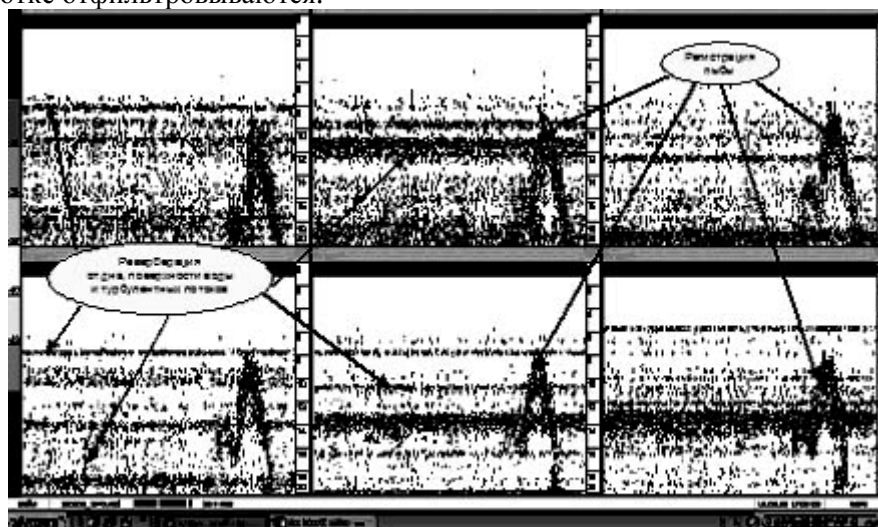


Рис. 7. Прохождение рыбы зондируемого сектора обзора акватории вверх по течению р. Поной

Из приведенной эхограммы видно, что направление перемещение рыбы хорошо прослеживается, однако для расчета ее размера необходимо учитывать избыточные потери акустической энергии, обусловленные наличием воздушных пузырьков и различного рода неоднородностей в водной

среде. Поэтому, исходя из того, что скорость водотока в реке превышала 200 см/с, для расчета коэффициента избыточных потерь использовали эмпирические зависимости полученные для учета избыточного затухания звука взволнованной водной средой при силе ветра от 2 до 4 м/с (приповерхностные течения от 150 до 300 см/с), скорости звука 1450 м, на глубине 1 м (Borisenko, 1987). Пересчет полученных значений силы цели рыб (TS) в ее размеры использовали уравнения регрессии при ее боковом облучении, полученные для атлантической семги (*Salmo salar*, L) и кумжы (*Salmo trutta*, L) (Lilja et al, 2000).

За все время стационарных наблюдений за прохождением рыбы через сечение реки в районе расположения базового лагеря (около 37 часов), с использованием комплекса NetCor, зарегистрировано 55 рыб. В том числе вверх по течению переместились 40 и скатилось 16 экз. Следует выделить 2 цикла максимальных суточных перемещений с 9:00 до 12:00 наблюдали 20 рыб, из которых 13 рыб поднялись вверх и 7 вниз скатились вниз по течению реки, а с 22:18 по 24:00 зарегистрировано 19 рыб – 16 вверх по течению и 3 вниз. С 00:28 по 02:00 обнаружено 10 рыб, из которых 7 экз. прошли вверх по течению. В районе 17:30 обнаружили 4 рыбы, из которых 1 рыба сначала поднималась и затем скатилась вниз по течению.

В размерном составе зарегистрированных рыб преобладали рыбы длиной менее 40 см. Отмечено всего 10 экз с размерами более 50 см. Максимальная по размеру рыба, длиной около 90 см, прошла вверх по течению реки в 10:45:18. Вторая, наоборот скатилась вниз в 22:47 и была примерно того же размера – около 90 см. Распределение силы цели рыб, зарегистрированных комплексом NetCor за весь период наблюдений с 14:00 09.08.08 по 03:30 11.08.08., приведены на рис.8.

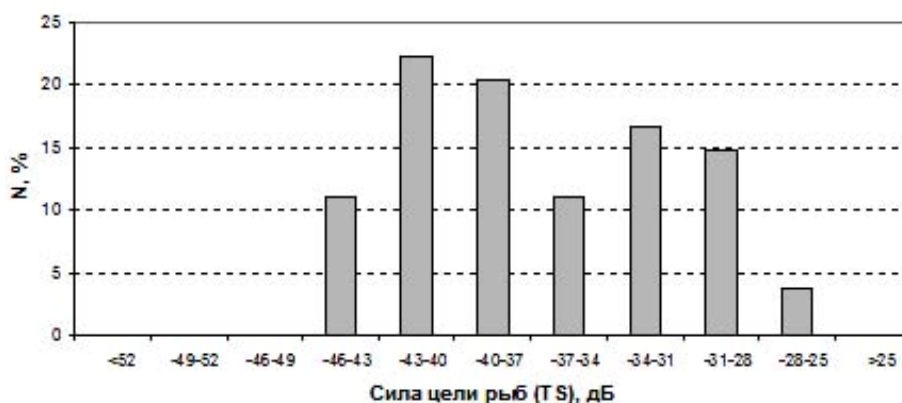


Рис. 8. Распределение силы цели зарегистрированных рыб

Таким образом, результаты проведенных экспериментальных наблюдений с использованием комплекса NetCor показали широкие возможности его применения для оценки численности проходных рыб, определения их размеров и направление перемещений в мелководных водотоках с быстрым течением воды, насыщенной воздушными пузырьками и различного рода неоднородностями среды

Река Онега (Архангельская обл.). Экспериментальные исследования проводились в период с 23 по 30 октября 2008 года в районе деревни Медведевская. Целью работ была экспериментальная количественная оценка числа проходящих на нерест половозрелых особей семги с использованием комплекса «NetCor».

Приемное устройство комплекса устанавливали в жилом доме на берегу реки, а в качестве плавучей платформы использовали маломерную лодку, которую последовательно переставляли по обследуемому сечению реки. На рис.9. представлена временная диаграмма регистрации рыб в одной из точек постановке комплекса на реке, на рис.10. – гистограмма размерного состава всех зарегистрированных рыб общей численностью 46 особей. В других точка постановки плавучего комплекса были отмечены только единичные регистрации мелкоразмерной рыбы. Таким образом, в результате экспериментальных работ на р. Онега выявлено, что для достоверной количественной оценки проходящей через сечение реки семги и соответственно направление ее перемещения, необходимо установка на реке большого количества плавучих платформ – не менее 20 шт., зондирующих на максимальном диапазоне дальности.

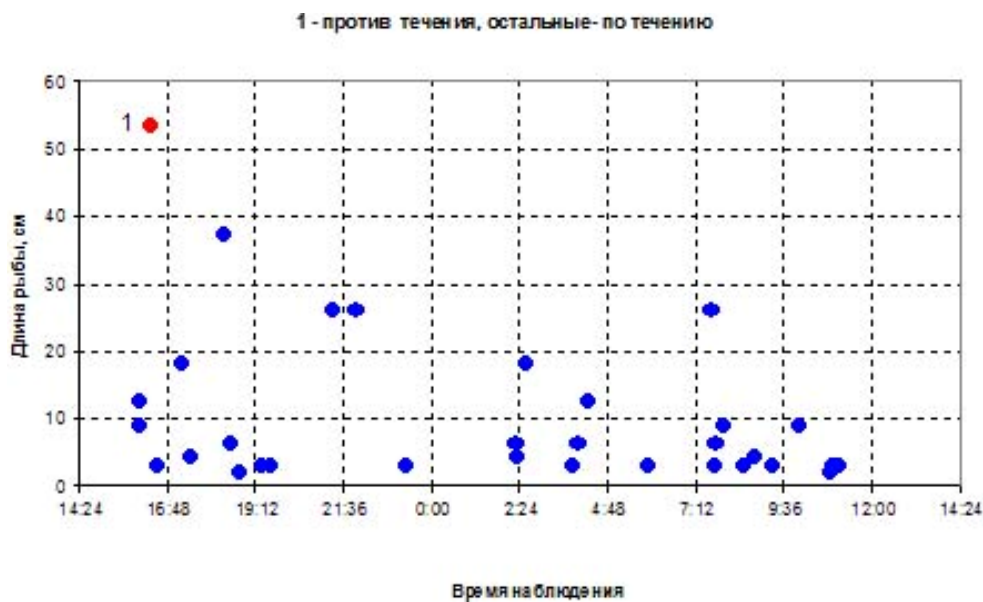


Рис. 9. Диаграмма размерно-временного распределения зарегистрированных рыб

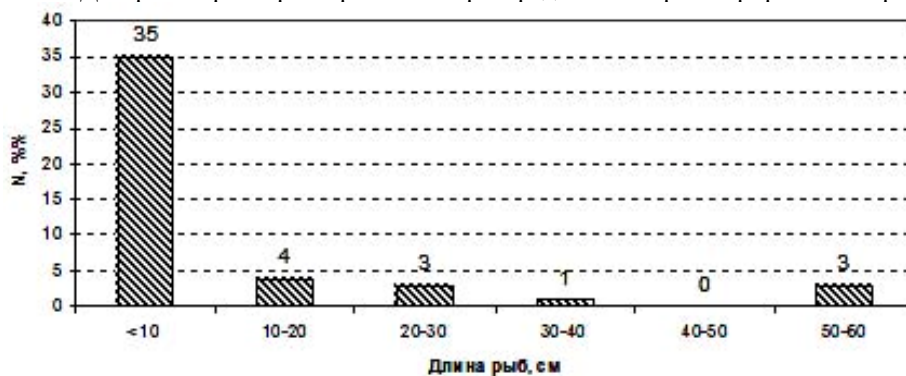


Рис. 10. Гистограмма размерного состава зарегистрированных рыб



Рис. 11. Характерная эхограмма массового прохода разновозрастных рыб через зону регистрации комплекса «NetCor» на акватории Северной Двины, 28 сентября 2008 года, 20:04 – 20:15

Река Северная Двина. Экспедиционные работы на реке Северная Двина проводились в период с 27 по 30.09.2008 г в районе острова Молодежный на р. Северная Двина. Береговая контрольно-измерительная станция устанавливалась на дебаркадере, а плавучие платформы последовательно переставлялись по обследуемому сечению реки (см. рис.1.) с разным заглублением антенны (от 0,5 до 1,5 м), параллельно выставленным орудиям лова на расстоянии от них до 100 метров ниже по течению реки. На рис.11. представлена характерная эхограмма

гидроакустической регистрации проходящих рыб комплексом «NetCor» на акватории Северной Двины. Результаты регистраций рыб прошедших через сечение реки за время наблюдения и гистограммы их размерного распределения представлены на рис.12. и 13. Таким образом, комплекс «NetCor» обеспечивает регистрацию проходящих рыб при глубине места от 0,5 до 5 метров с возможностью автоматизированного подсчета числа прошедших рыб, определение их размера и направления перемещения в двух градациях – вверх или вниз по течению.

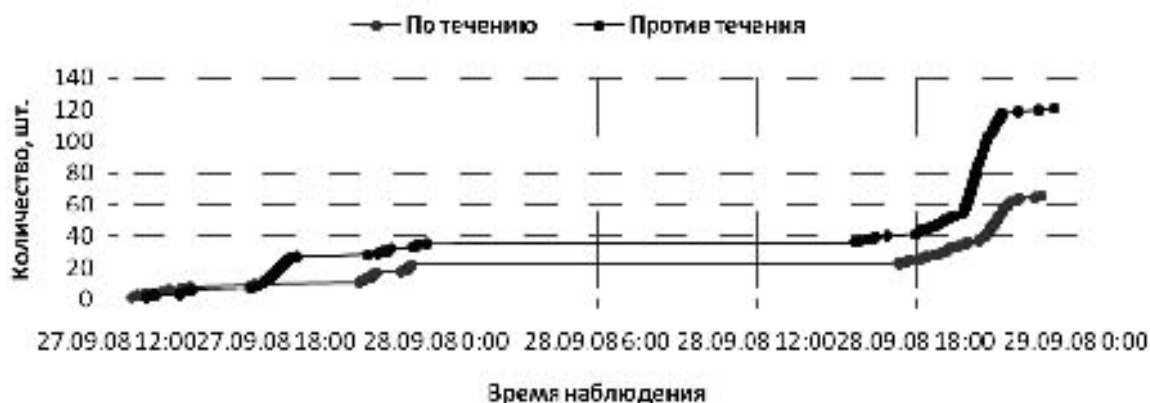


Рис. 12. Диаграмма накопленного за время наблюдения числа рыб прошедших зону регистрации на акватории Северной Двины

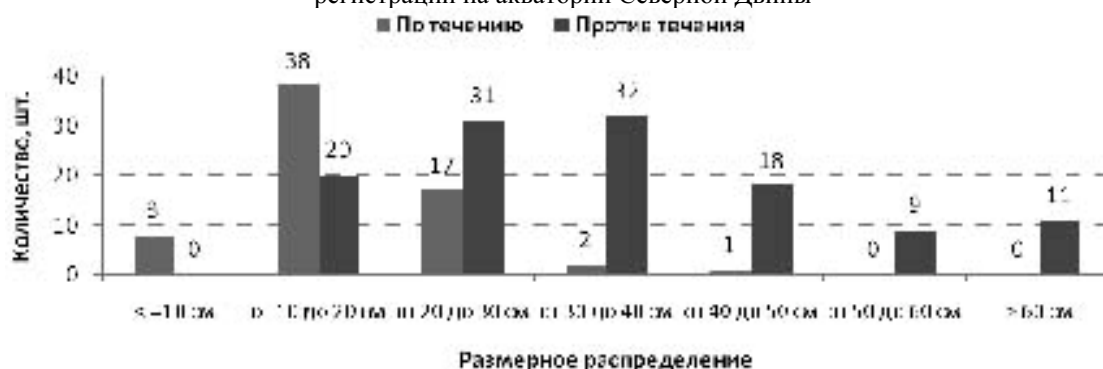


Рис. 13. Гистограмма размерного состава зарегистрированных рыб

Выводы

Результаты выполненных работ на реках различного типа показали, что комплекс «NetCor» позволяет эффективно осуществлять наблюдения за перемещением рыб разного размера в течение длительного времени. Комплекс обеспечивает гидроакустическую регистрацию рыб разного размера, в том числе раннюю молодь рыб размерами около 1 см, пересекающих стационарную зону зондирования в условиях мелководья, повышенной турбулентции, наличии большого количества воздушных пузырьков и неоднородностей водной среды.

Литература

Дегтев А.И., Мощевикин А.П., Борисенко Э.С., Мочек А.Д., Смирнов Ю.В., 2007. Количественная оценка проходных рыб гидроакустическим методом на мелководных водоемах//Журн. «Рыбное хозяйство», № 6, с.102–103. Павлов Д.С., Борисенко Э.С., Дегтев А.И., 2008. Результаты экспериментальных исследований по гидроакустической регистрации рыб р.Поной.//Материалы докл. Всероссийской конф. «Гидроакустические исследования на внутренних водоемах», 2-4 декабря 2008 г. Изд. ООО «Принтхаус» 2008. 78 с., с.59–69.

Прусов С.В. Атлантический лосось (*Salmo salar*, L) реки Поной экология, воспроизводство, эксплуатация): Автореферат дисс. канд.биол.наук., Петрозаводск, 2004, 1.4 п.л.

Borisenko E// The results of experimental research into excess sound attenuation in the Sea.// Rap. Et Proc.Intern. Symposium. Developments in Fisheries Acoustics: June 22–26, 1987, Seattle, Wash., 1987, 37 p.

Juha Lilja*, Timo J. Marjomakia, Raimo Riikonenb, Juha Jurvelius// Side-aspect target strength of Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), whitefish (*Coregonus lavaretus*), and pike (*Esox lucius*)//. All rights reserved. Aquat. Living Resour. 13 (2000) 355–360.