

# Возможности использования рыбопоисковых эхолотов для определения численности рыб

Канд. биол. наук М.И. Базаров, М.И. Малин – Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

В отличие от традиционных биостатистических методов количественного учета рыб в водоемах, требующих многолетних наблюдений и большого объема статистических данных, эхометрическая съемка позволяет оперативно оценить ихтиомассу водоема применительно к конкретной ситуации, открывая тем самым широкие возможности для рационального регулирования рыболовства.

Гидроакустические съемки на внутренних водоемах проводятся с помощью эхолотов разных модификаций, условно их можно разделить на рыбопоисковые и научные. Основное отличие научных приборов от рыбопоисковых – это возможность установки известного закона ВАРУ (временная автоматическая регулировка усиления), а также некоторых параметров зондирующих импульсов. Несомненным достоинством эхолотов научного класса является возможность оценки ихтиомассы методом эхо-интегрирования.

Другой общепринятый метод количественного учета рыб – эхо-счет – может быть применен для обработки показаний приборов, относящихся как к научному, так и к рыбопоисковому классу. В последнее время широкое распространение получили относительно недорогие рыбопоисковые эхолоты. Целью настоящей работы является обзор некоторых методических аспектов применения современных прибо-

ров рыбопоискового класса для оценки численности рыб с использованием метода эхо-счета.

Основными этапами применения методики эхо-счета являются:

1. Отделение полезных сигналов (отражения от отдельных рыб) от помех (отражения от ЗРС, различных подводных предметов и т.д.). Подсчет количества полезных сигналов за время съемки.

2. Определение зоны действия прибора во время съемки на основе данных о пройденном расстоянии, глубине и эффективном угле луча прибора.

3. Расчет плотности рыб с использованием данных, полученных на предыдущих этапах.

Отделение полезных сигналов производится в процессе визуальной обработки эхограмм, которая имеет свои специфику и сложности и требует опытности оператора. Большинство современных рыбопоисковых эхолотов снабжены функцией идентификации рыб и разделения их на несколько размерных групп, в результате чего может сложиться неверное впечатление простоты процесса подсчета полезных сигналов.

Причиной появления пиктограммы в виде рыбы на экране эхолота рыбопоискового класса может служить эхо-мишень, не являющаяся рыбой. Для снижения ошибки при работе с включенной функцией идентификации рыб необходимо учи-

тывать особенности алгоритма отображения пиктограмм (рис. 1).

Когда в зону действия прибора попадает эхо-мишень (объект, отличающийся по плотности от окружающей воды и, следовательно, способный отражать ультразвук), сила цели которой превышает определенный порог  $TS_{\text{п}}$ , на дисплее эхолота отобразится пиктограмма рыбы размерной группы  $n$ . Эхо-мишень может являться рыбой (отражение происходит в основном от плавательного пузыря), ЗРС (пузырьки газов – рис. 2, г, д), планктоном [Малинин Л.К., Кияшко В.И. *Гидроакустические исследования ЗРС во внутренних водоемах // Вопросы промышленной гидроакустики. М.: ВНИРО, 1989. С. 76–83*] либо другим подводным объектом (рис. 2, е). В этом случае происходит завышение количества рыб в районе исследования.

В случае если величина силы цели рыбы, попавшей в зону действия прибора, не превышает порогового значения  $TS_{\text{п}}$  (размер рыбы слишком мал для текущего усиления либо облучение происходит под большим углом), пиктограмма не отображается и происходит занижение плотности рыб (рис. 2, а, б). Методом эхо-счета невозможно оценить скопления рыб, плотность которых превышает разрешающую способность эхолота (множественные цели). Не справляется с этим и функция идентификации рыб (рис. 2, в).

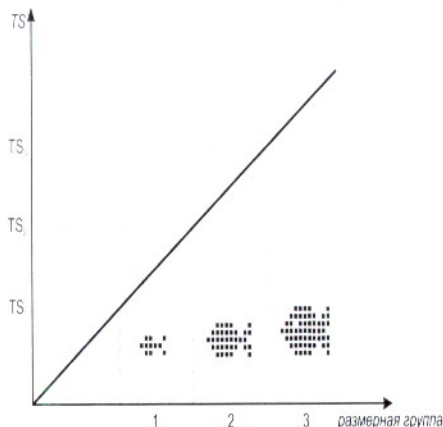


Рис. 1. Графическое представление алгоритма идентификации рыб и разделения на размерные группы в современных рыбопоисковых эхолотах ( $TS$  – сила цели; внизу изображены примеры пиктограмм)

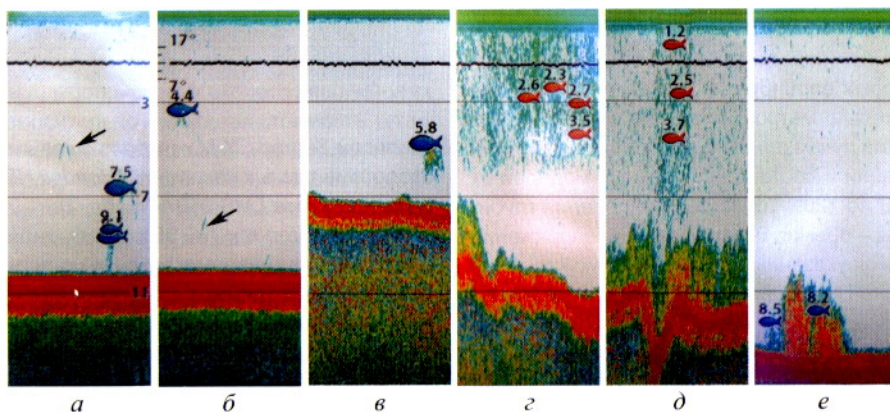


Рис. 2. Типичные ошибки функции идентификации рыб современного рыбопоискового эхолота: а, б – стрелкой отмечена эхо-отметка от рыбы, не опознанная эхолотом; в – множественная цель опознана как единичная рыба; г, д – сигнал от ЗРС опознан как отдельные рыбы (г – верхний слой воды азрирован из-за волнения; д – кильватерная струя от судна); е – подводный объект опознан как рыба

Существует множество публикаций, посвященных методике визуальной расшифровки эхограмм [Юданов К.И. *Расшифровка эхограмм гидроакустических рыбопоисковых приборов*. М.: Пищевая промышленность, 1967. 116 с.], из которых следует, что эхо-отметка от рыбы (в отличие от эхо-отметок от других эхо-мишеней) на эхограмме в идеале имеет вид перевернутого знака V [Денисов Л.И. *Рыболовство на водохранилищах*. М.: Пищевая промышленность, 1978. 288 с.]. Если используемый эхолот имеет цветной дисплей с достаточным разрешением, части описанных выше ошибок определения плотности рыб можно избежать (см. рис. 2).

Большинство эхолотов рассматриваемого класса имеют однолучевые антенны, иногда в одном корпусе могут размещаться две и более однолучевые антенны с различными характеристиками, однако не следует сопоставлять возможности таких приборов с возможностями эхолотов с расщепленным лучом [Гаврилов Е.Н., Игнашкин В.А., Ратушный С.В. *Методическое пособие по использованию научного эхолота EK500*. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. 134 с.]. Как указывалось выше, сила цели одиночной рыбы, зарегистрированной однолучевым эхолотом, зависит не только от размера рыбы, но и от угла облучения антенной прибора [Юданов К.И., Калихман И.Л., Теслер В.Д. *Руководство по проведению гидроакустических съемок*. М.: ВНИРО, 1984. 124 с.]. Таким образом, сортировка эхо-мишеней на размерные группы однолучевым прибором технически не может осуществляться корректно и реализована из коммерческих соображений.

На втором этапе применения методики эхо-счета необходимо определить зону действия прибора во время гидроакустической съемки. Для определения пространственно-временных характеристик съемки в настоящее время широко используются спутниковые приемники, работающие в системах GPS, ГЛОНАС и др., ошибка при определении местоположения которых варьирует и составляет всего несколько метров. Значение эффективного угла луча эхолота указывается в спецификации и составляет у разных моделей от 20 до 120°. Точность определения глубины – обычно 0,1 м. Имея в распоряжении вышеуказанные параметры, можно с высокой точностью рассчитать зону действия прибора и, зная количество эхо-мишеней, зарегистрированных во время съемки, получить значение плотности рыб на исследуемом участке.

В августе 2003 г. на Шекснинском плесе Рыбинского водохранилища с борта НИС «Ареал», согласно существующей методике [Юданов, Калихман, Теслер, 1984], были проведены синхронные гидроакустические съемки одновременно тремя эхолотами различных классов: научным

Таблица 1

Основные технические характеристики применявшихся эхолотов

Эхолот	Несущая частота, кГц	Угол луча, град.	Вывод информации	Класс
Lowrance LMS-350A	192	20	ЖК-дисплей	Рыбопоисковый
Hondex HE-301	50	25	Термобумага	Рыбопоисковый
Simrad EY-M	70	22	Термобумага	Научный

Таблица 2

Связь между показаниями эхолотов различного класса

Коэффициент корреляции ( $p < 0,01$ )					
Донное траление			Пелагическое траление		
LMS-350A	HE-301	EY-M	LMS-350A	HE-301	EY-M
*	0,62	0,48	*	0,84	0,73
-	*	0,76	-	*	0,70
-	-	*	-	-	*

Таблица 3

Средняя плотность рыб на различных участках Рыбинского водохранилища, зарегистрированная приборами различного класса

Координаты района исследования	Средняя плотность рыб, экз/м <sup>2</sup>		
	LMS-350A	HE-301	EY-M
58°44' с.ш., 38°16' в.д.	0,0463±0,0053	0,0351±0,0024	0,0354±0,0023
59°01' с.ш., 37°51' в.д.	0,0676±0,0118	0,0455±0,0068	0,0412±0,0082
58°45' с.ш., 38°16' в.д.	0,0411±0,0051	0,0293±0,0038	0,0276±0,0026
58°51' с.ш., 38°07' в.д.	0,0278±0,0018	0,0208±0,0032	0,0241±0,0031

эхолотом Simrad EY-M и рыбопоисковыми эхолотами разных поколений: Hondex HE-301 и Lowrance LMS-350A (табл. 1).

Эхолот Hondex HE-301 имеет гибко настраиваемые параметры приема-передатчика и лентопротяжного механизма, поэтому снимаемые с термобумаги показания хорошо обрабатываются методом эхо-счета. Выбор эхолота Simrad EY-M вполне очевиден, так как последний является прибором научного класса с прецизионными характеристиками. Эхолот Lowrance LMS-350A послужил в качестве тестируемого образца современного поколения эхолотов рыбопоискового класса, выполняющих функцию идентификации рыб.

Одновременно с гидроакустическими съемками поочередно осуществлялись траления донным и пелагическим тралами. Пространственно-временные характеристики съемки регистрировались при помощи спутникового навигатора.

Данные, полученные в результате исследований, обработаны методом эхо-счета, в соответствии с действующими рекомендациями [Юданов, 1967]: расшифровка велась опытным оператором, на выбранных эхограммах отсутствовали множественные цели и помехи, препятствующие корректному анализу. При обработке информации, выдаваемой функцией идентификации рыб эхолота Lowrance LMS-350A, в целях снижения уровня ошибки

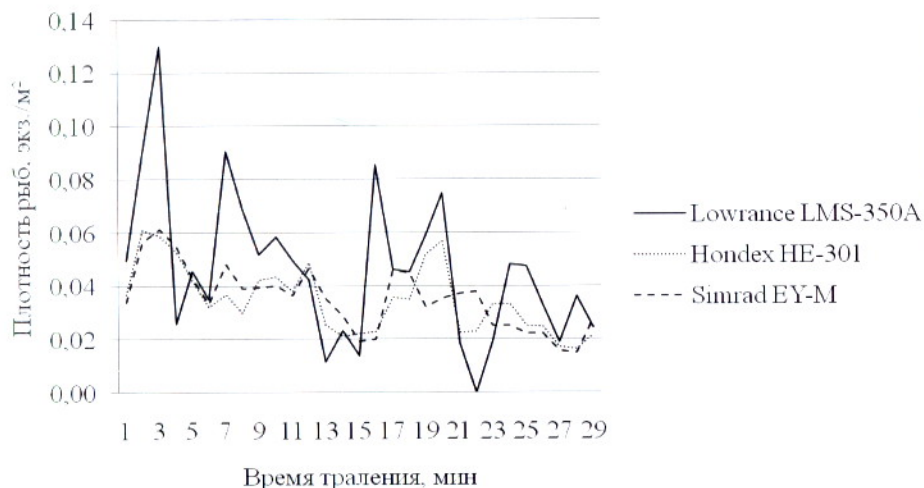


Рис. 3. Горизонтальное распределение рыб по результатам гидроакустической съемки тремя эхолотами одновременно во время донного траления

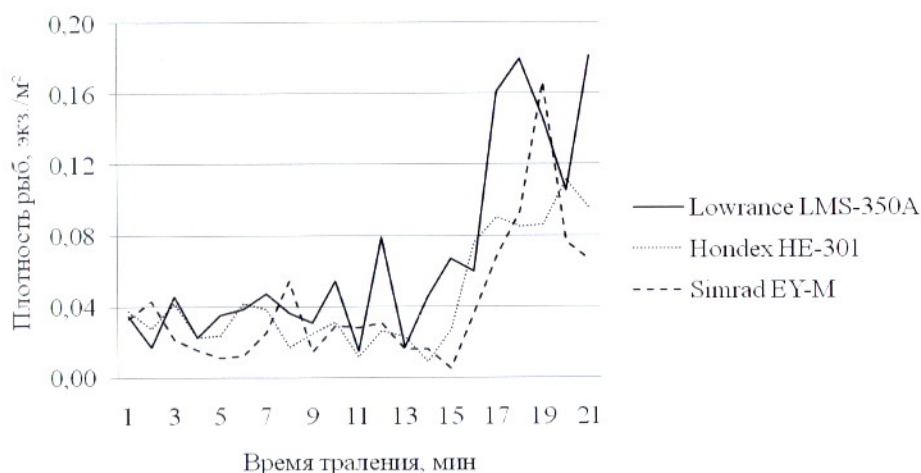


Рис. 4. Горизонтальное распределение рыб по результатам гидроакустической съемки тремя эхолотами одновременно во время пелагического траления

учитывались приведенные выше рекомендации. Результаты исследования представлены на рис. 3 и 4.

Обращают на себя внимание присутствующие в обоих случаях области относительно высокой плотности рыб при регистрации прибором LMS-350A, что может быть объяснено более сильной чувствительностью данного эхолота, в связи с использованием высокой (192 кГц) в сравнении с остальными двумя (50 и 70 кГц) несущей частоты. Известно, что акустическое сечение рыб с волновыми размерами от 1 до 100, при прочих постоянных условиях, растет с повышением несущей частоты зондирующих импульсов [Букатый В.М. *Промысловая гидроакустика и рыболовация*. М.: Мир, 2003. 496 с.].

Статистический анализ полученных значений плотности показал достоверную ( $p < 0,01$ ) сильную связь между показаниями всех трех используемых эхолотов (табл. 2).

Рассчитанные средние плотности рыб на различных участках Рыбинского водохранилища представлены в табл. 3. Незначи-

тельные различия в значениях плотности начинаются в сотых или тысячных значащих цифр. Значения средней плотности, зарегистрированные эхолотом LMS-350A, во всех случаях несколько выше, что связано с высокой несущей частотой прибора.

Основными достоинствами современных рыбопоисковых эхолотов являются их относительно невысокая стоимость, а также широкий модельный ряд как самих приборов, так и подключаемых антенн (эффективный угол луча, несущая частота). Практически все модели крайне мобильны и могут быть установлены на судне или демонтированы в считанные минуты.

К недостаткам рассматриваемых приборов, относятся, прежде всего, неизбежные ошибки функции идентификации рыб, которые, как показано выше, при наличии определенного опыта можно скорректировать. Применение однолучевых антенн делает невозможным оценку размерного состава, поэтому необходимо проводить контрольные обловы исследуемого водоема. К конструктивным недостаткам следует отнести малую информативность ЖК-дис-

плеев (в сравнении с термобумагой) или дисплеев эхолотов, в том числе научных, выполненных на базе портативного компьютера. Достаточно редкой на настоящий момент является функция сохранения полученных данных (это утверждение не относится к сохранению навигационных данных встроенных приемников GPS), что делает невозможной отложенную обработку результатов съемки. Однако последний недостаток можно обойти, используя фото- или видео-съемку.

Бесспорно, технические характеристики научно-исследовательских эхолотов превосходят таковые для приборов рыбопоискового класса, что связано с применением эхо-интегрирующих систем. Однако большинство рыбопоисковых приборов при соблюдении определенных требований пригодны для эхо-счета. Стоит упомянуть основное условие применения эхо-счета – благоприятное пространственное размещение объектов исследования: отсутствие множественных целей и близкое к равномерному распределение.



**Bazarov M.I., Malin M.I.**  
**Potential of commercial echosounders use for fish stock assessment**

*Relatively inexpensive commercial echosounders became wide-spread at present. This article is a review of some methodical aspects of commercial echosounders use in fisheries researches.*

*Most of modern commercial echosounders have the fish-ID function, which eases the echo-counting process for an inexperienced operator prima facie. Unavoidable mistakes of fish-ID function may lead to both overestimation and underestimation of fish density on the area being surveyed. However, some of these mistakes may be corrected if the operator possesses certain experience.*

*Hydroacoustic surveys in Rybinsk reservoir, performed with use of scientific and commercial echosounders, showed inessential differences between values of fish density obtained, if some specific requirements were followed.*

*The paper considers the use of commercial echosounders in fisheries researches. The author analyzes the possible causes of mistakes and presents the results of hydroacoustic surveys obtained by use of scientific and commercial echosounders.*