

## Техника для рыбохозяйственных исследований

УДК:639.2.081.7:681.883.42

**Результаты испытаний нового отечественного научного эхолота с расщепленным лучом, предназначенного для ресурсных исследований на внутренних водоёмах***С.М. Гончаров<sup>1</sup>, С.Б. Попов<sup>1</sup>, А.Н. Долгов<sup>2</sup>, А.Н. Куценко<sup>2</sup>, М.А. Раскита<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

<sup>2</sup> Конструкторское бюро морской электроники «Вектор» (КБ МЭ «ВЕКТОР»), г. Таганрог

E-mail: sgonch@vniro.ru

Создание отечественного научного эхолота, предназначенного для проведения ресурсных исследований актуально, особенно после введения санкций западными странами по отношению к Российской Федерации, когда продажа многих видов зарубежной высокотехнологической продукции была запрещена в Российской Федерации. Кроме того, приобретая зарубежную технику, которая разрешена к продаже в России, наши пользователи лишены контакта с западными производителями и возможности модернизации и совершенствования приобретённой техники. В работе представлены краткие технические характеристики макета нового отечественного малогабаритного научного эхолота МИЭЛ. Для проверки работоспособности эхолота была проведена гидроакустическая съёмка совместно с норвежским эхолотом EY500 на акватории Вазузского водохранилища в осенний период 2018 года. Эхолот EY500 был выбран в качестве референсного прибора, поскольку многие годы использовался многими отечественными и зарубежными научными организациями для проведения ресурсных исследований на внутренних водоёмах. Регистрируемые эхолотами EY500 и МИЭЛ в процессе съёмки рыбные скопления и отдельные рыбы почти полностью идентичны. Полнота и удобство, представляемой информации на экране МИЭЛ, существенно выше, чем в EY500. Необходимо отметить высокую степень совпадения результатов эхосчёта и расчётов силы целей отдельных рыб. Предполагаемая более низкая стоимость нового отечественного научного эхолота, высокие технические характеристики, не уступающие зарубежным аналогам, а по ряду параметров и превосходящие их, компактность, делают его более доступным и привлекательным техническим средством для решения рыбохозяйственных и природоохранных задач.

**Ключевые слова:** научный эхолот, гидроакустическая съёмка, количественная оценка, эхоинтегрирование, эхосчёт, ресурсные исследования.

**ВВЕДЕНИЕ**

Потребность в создании отечественного эхолота для проведения ресурсных исследо-

ваний на внутренних водоёмах и в условиях малых глубин очевидна. После введения санкций западными странами по отноше-

нию к Российской Федерации многие зарубежные производители прекратили продажу высокотехнологической продукции в нашу страну, а те, что могут быть поставлены, практически лишены технической поддержки, так как многие представительства этих компаний в России были закрыты. Развитие любой высокотехнологической продукции подразумевает тесное сотрудничество между разработчиком и пользователем. Именно таким образом норвежской компании Simrad в кооперации с Бергенским институтом морских исследований удалось создать современные гидроакустические поисковые и научные приборы, пользующие во всем мире большим спросом. Приобретая зарубежную технику, наши пользователи лишены контакта с западными производителями и возможности модернизации и совершенствования приобретённой техники.

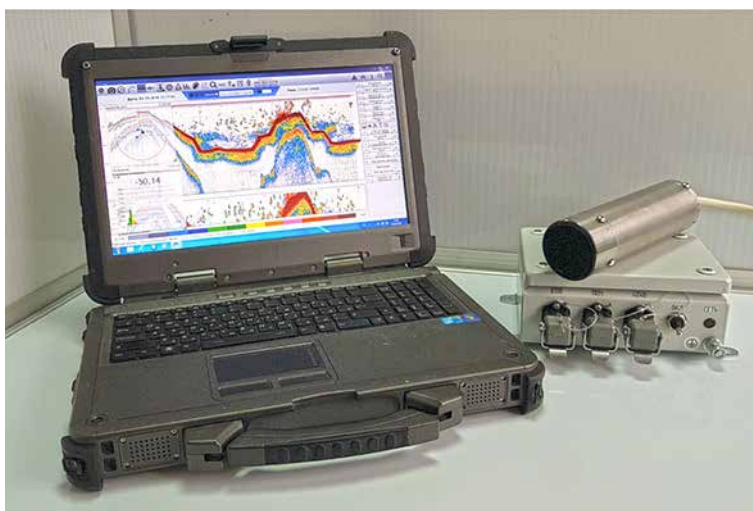
Совершенно иная ситуация возникает, когда производителем является отечественная компания. Приобретая отечественный эхолот, наши учёные имеют возможность по результатам его эксплуатации направлять замечания и рекомендации по совершенствованию прибора и расширению диапазона научных задач, решаемых с его помощью. В результате выигрывают обе стороны: отечественный производитель имеет возможность совершенствовать свою продукцию

и делать её конкурентно способной на мировом рынке, а пользователь получает высокоэффективный прибор.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

За последние десятилетия в Российской Федерации не было создано ни одного отечественного рыбопоискового или научного эхолота, поэтому в 2017 году в КБМЭ «Вектор» (г. Таганрог) был создан макет отечественного эхолота с широкой диаграммой направленности и расщеплённым лучом под шифром 0004. Технология расщеплённого луча ранее была реализована в норвежских научных эхолотах серии EK500 и EY500 на основе четырёхсекционной антенны [Carlson, Jackson, 1980]. Ультразвуковой импульс излучается одновременно всеми секциями антенны. Приём эхосигнала осуществляется каждой секцией отдельно. По фазовым сдвигам принимаемого эхосигнала каждой секцией определяются пространственное местонахождение рыбы в пределах диаграммы направленности антенны, что позволяет автоматически компенсировать её силу цели (TS) по отношению к акустической оси, а, следовательно, и адекватно оценить размер рыбы.

После тестирования данного устройства был высказан ряд замечаний к его программному обеспечению. На основании



**Рис. 1.** Фотография отечественного эхолота МИЭЛ: компьютер, приёмо-передающий блок и антенна, с расщеплённым лучом

доработки ПО эхолота и модернизации корпуса антенны появился новый макет под названием МИЭЛ (малогабаритный исследовательский эхолот). На рис. 1 представлена фотография этого эхолота, состоящего из широкополосной антенны с расщеплённым лучом, электронного блока и кабеля.

Краткие технические характеристики эхолота МИЭЛ:

Рабочая частота ..... 200 кГц;

Минимальная длительность импульсов послышки с двукратным увеличением длительности ..... 32 мкс;

Уровень собственных шумов ..... 5 мПа;

Динамический диапазон ..... 100 дБ;

Номинальная ширина луча по приёму в горизонтальной плоскости ..... 20 градусов;

Номинальная ширина луча по приёму в вертикальной плоскости ..... 20 градусов.

Геометрические размеры антенны: длина 180 мм; диаметр 62 мм. Предусилитель и АЦП вмонтированы в корпус антенны, что в отличие от антенн эхолотов Simrad позволяет передавать по кабелю цифровой, а не аналоговый эхосигнал и тем самым существенно снижает воздействие шумовых помех. Управление рабочими параметрами эхолота происходит от ноутбука, который через сетевой (Ethernet) кабель соединён с приёмопередающим блоком эхолота. Минимальная длительность импульса послышки 32 мкс, что ниже длительности послышки аналогичных зарубежных научных эхолотов. А, как известно, чем короче импульс, тем выше разрешение одиночных рыб в скоплении. При

оценке рыбной численности и биомассы по данным гидроакустической съёмки регистрация рыб в виде отдельных объектов позволяет использовать метод эхосчёта, вместо метода эхоинтегрирования, используемого при регистрации рыб на эхограммах в виде косяков. При эхоинтегрировании, вместо непосредственного счёта каждой рыбы используются интегральные усреднённые оценки, что снижает точность конечных результатов.

Для проверки работоспособности нового образца были проведены гидроакустические съёмки на акватории Вазузского водохранилища в период с 02 октября по 05 октября 2018 года. В процессе гидроакустических съёмок одновременно использовались два эхолота: норвежский EY500 с антенной ES70-11 (расщеплённый луч, ширина диаграммы направленности 11 градусов, частота заполнения импульсов послышки 70 кГц) (рис. 2) и МИЭЛ. Норвежский эхолот Simrad EY500 был использован в качестве референсного прибора.

Различие в частотах излучения позволило использовать оба эхолота одновременно. Во время проведения съёмки наводок со стороны высших гармоник излучения не наблюдалось. Оба эхолота в процессе съёмки были соединены с системами GPS с целью привязки результатов измерений к местоположению на карте.

Расстояние между антеннами составляло 20 см, что позволило регистрировать одни и те же скопления и одиночных рыб в процессе проведения съёмки. Антенны эхолотов были установлены на забортном устройст-



Рис. 2. Научный норвежский эхолот EY-500

ве, разработанном и изготовленном в КБМЭ «Вектор» (г. Таганрог). Съёмка была выполнена по заранее спланированной параллельной сетке галсов на катере Воронеж-К, оснащённом двигателем Ямаха 9,9 л. с. Антенны были размещены по правому борту судна. Скорость судна во время съёмки составляла 5–6 км/час. При проведении съёмки были установлены максимально близкие значения длительности зондирующего импульса: Simrad EY500 — 600 мкс, МИЭЛ — 512 мкс. В процессе проведения работ помех на экране эхолотов от работы двигателя не наблюдалось.

При обработке данных гидроакустической съёмки использовалась демонстрационная версия постпроцессинговой системы EchoView (SonarData Pty Ltd., ver.3.50). Также при расчётах использовался один и тот же порог селекции одиночных целей равный — 56 дБ. Расчёт размеров рыб был выполнен с использованием результатов расчёта гистограммы распределения TS. Пересчёт значений TS рыб (дБ) в их длину L проводился по формуле Лава [Love, 1971]:

$$TS = 19,1 \log(L) + 0,9 \log(\lambda) - 23,9; \quad (1)$$

$$\lambda = c/f,$$

где L — длина рыбы, м; c — скорость звука, м/сек; f — частота излучения, Гц.

Для экспорта гидроакустических данных МИЭЛ в ППС EchoView, был разработан специальный конвертер в открытый формат \*.hac [ICES WGFASST, 1999; McQuinn et al., 2005], поддерживаемый данной ППС. Формат файла данных НАС был разработан как

стандартный формат для записи и редактирования гидроакустических данных. Формат файла независим от типа научного эхолота и программного обеспечения.

На первом этапе работ была проведена калибровка МИЭЛ с помощью стандартной цели: сплошного металлического шара, изготовленного из высококачественной электролитической меди или карбид-вольфрама [Foote, 1982; MacLennan, Svelling, 1989]. Этот метод был развит теоретически Футом [Foote et al., 1987]. Использовалась калибровочная сфера фирмы Simrad, изготовленная из карбид-вольфрама диаметром 38,1 мм и силой цели TS = –39,9 дБ для несущей частоты эхолота 200 кГц.

Калибровка была выполнена на понтоне размером 5 × 6 метров (рис. 3), ранее изготовленном силами лаборатории для проведения работ по управлению нагульным поведением рыб. Глубина до сфер в процессе калибровки была 4,5 метра, а глубина до дна — 5,5 метров.

После выполнения калибровки была выполнена гидроакустическая съёмка при совместном использовании эхолотов МИЭЛ и EY500. Антенны эхолотов были установлены на забортном устройстве, разработанном и изготовленном в КБМЭ «Вектор». С целью обеспечения единства озвучиваемого пространства, антенны приборов были установлены на штанге максимально близко друг к другу (на расстоянии 20 см между их центрами). Совместная гидроакустическая съёмка производилась по сетке галсов, представленной на рис. 4.



Рис. 3. Фрагмент проведения калибровочных работ МИЭЛ



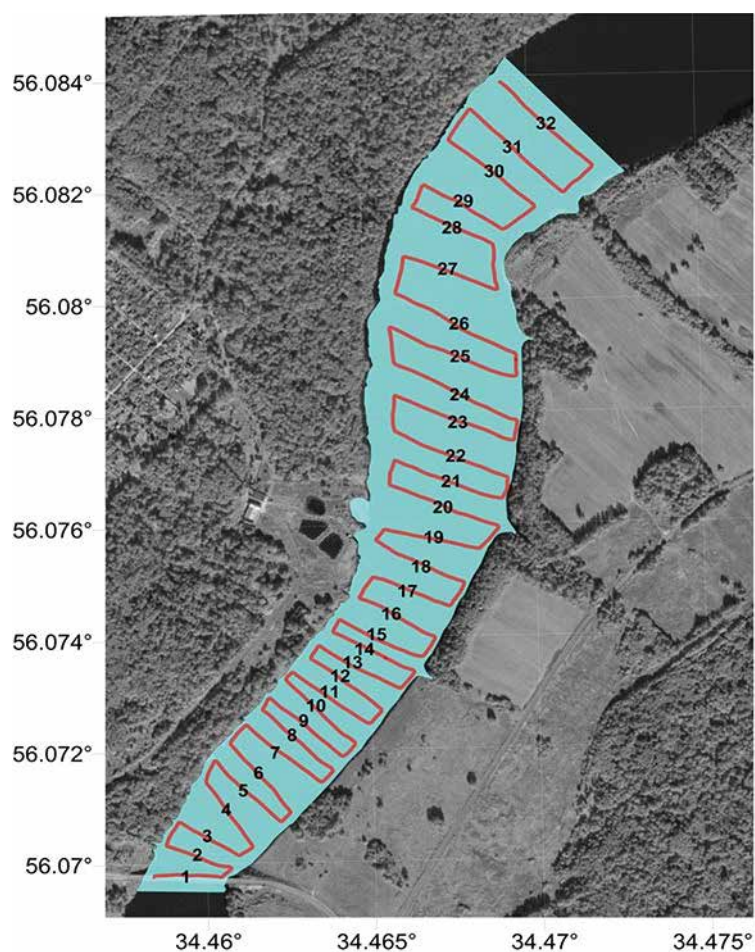


Рис. 4. Схема галсов гидроакустической съёмки

### РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Поскольку качество калибровки эхолота определяют достоверность результатов количественной оценки, особое внимание было уделено этому режиму работы. В случае калибровки антенны с расщеплённым лучом необходимо было перемещать сферу в горизонтальной плоскости диаграммы направленности антенны таким образом, чтобы регистрируемые местоположения сферы равномерно покрыли эту плоскость. При этом на экране эхолота отображались как сам горизонтальный разрез диаграммы, так и местоположения сферы в пределах диаграммы аналогично режимам отображения сферы при калибровке норвежских научных эхолотов с расщеплённым лучом серии Simrad EY и Simrad EK.

По результатам проведения калибровочных работ необходимо отметить полноту

и наглядность представляемой информации пользователю на экране эхолота, что существенно упрощает процесс калибровки. Особенно хотелось бы отметить режим отображения графика изменения фаз на каждом из четырёх приёмных элементов антенны, что позволяет с высокой точностью оценивать положение сферы относительно акустической оси антенны и выставить сферу при калибровке точно на оси. Такого режима нет в зарубежных аналогах.

В процессе проведения гидроакустической съёмки были протестированы различные режимы представления информации и их соответствие техническим требованиям. На рис. 5 представлен скриншот с экрана МИЭЛ с отображением как самой эхограммы, так и расположением отдельных рыб в луче эхолота в трёхмерной проекции в момент приёма эхосигнала. Ниже основной

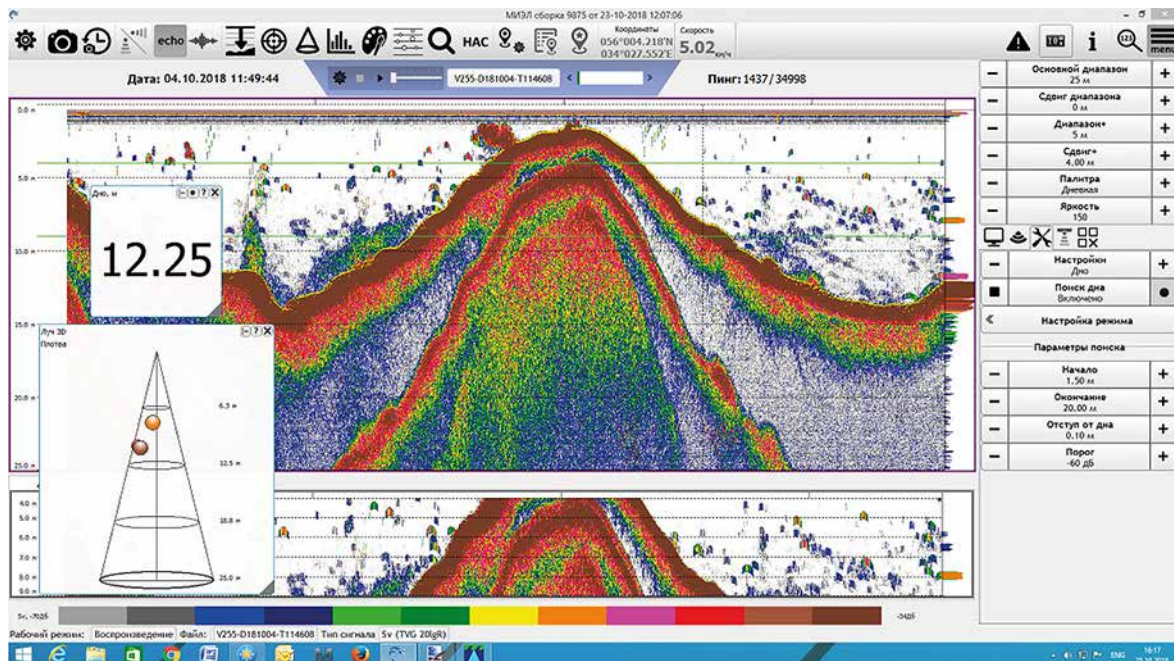


Рис. 5. Фрагмент эхограммы на дисплее МИЭЛ и расположение отдельных рыб в луче эхолота в трёхмерной проекции в момент приема эхосигнала

эхограммы на экране отображена эхограмма в слое, выделенном зелёными линиями.

Если регистрируются одновидовые скопления, то пользователь имеет возможность из библиотеки силы цели (TS) рыб, которая встроена в программное обеспечение эхолота, выбрать соответствующую зависимость TS рыбы от её длины (L) и тогда на экране эхолота, помимо эхограммы, будет отображаться гистограмма распределения размерных групп с отображением модального размера рыб.

На рис. 6 представлен фрагмент эхограммы и результаты эхосчёта на интервале в слое, выделенном зелёными линиями. Представлена гистограмма распределения размеров плотвы с модальным значением 5 см.

Также по запросу пользователя на экране эхолота можно увидеть результаты эхоинтегрирования и эхосчёта в реальном времени, а также сопутствующую навигационную информацию. Доступ к настройке рабочих параметров эхолота, вводу характеристик среды и выводу на экран различных режимов отображения данных осуществляется через соответствующие кнопки меню,

удобно расположенные на экране дисплея, а иконки на кнопках поясняют соответствующий режим ввода или отображения информации (см. рис. 5 и 6).

Регистрируемые эхолотами EY500 и МИЭЛ в процессе съёмки рыбные скопления и отдельные рыбы почти полностью идентичны. На рис. 7 приведены примеры таких эхограмм, отображённые в среде ППС EchoView.

Большая горизонтальная протяжённость рыбных косяков и рыб на эхограмме МИЭЛ объясняется более широкой диаграммой направленности антенны МИЭЛ. По результатам калибровки ширина его диаграммы направленности составила 18 градусов (по сравнению с диаграммой направленности антенны ES70–11 эхолота EY500, равной 11 градусам). Большая вертикальная ширина дна EY500 связана с меньшим коэффициентом рассеяния звука для частоты 70 кГц, чем для частоты 200 кГц (несущая частота эхолота МИЭЛ).

В табл. 1 представлены результаты расчётов средних значений силы обратного объёмного рассеяния  $Sv_{cp}$  на каждом галсе гидроакустической съёмки по данным



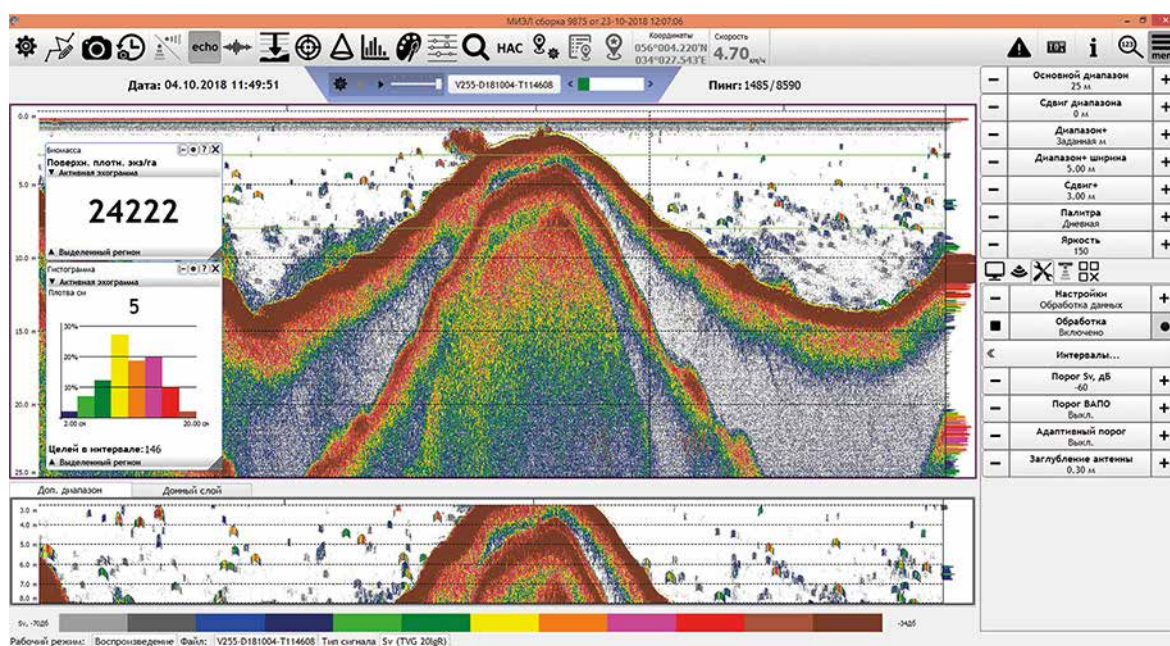


Рис. 6. Фрагмент эхограммы на дисплее МИЭЛ, значение поверхностной плотности на текущем интервале интегрирования — 24222 экз/га, количество рыб — 146 экз. в слое, выделенном зелёными линиями, а также гистограмм размерного распределения плотвы с модой 5 см

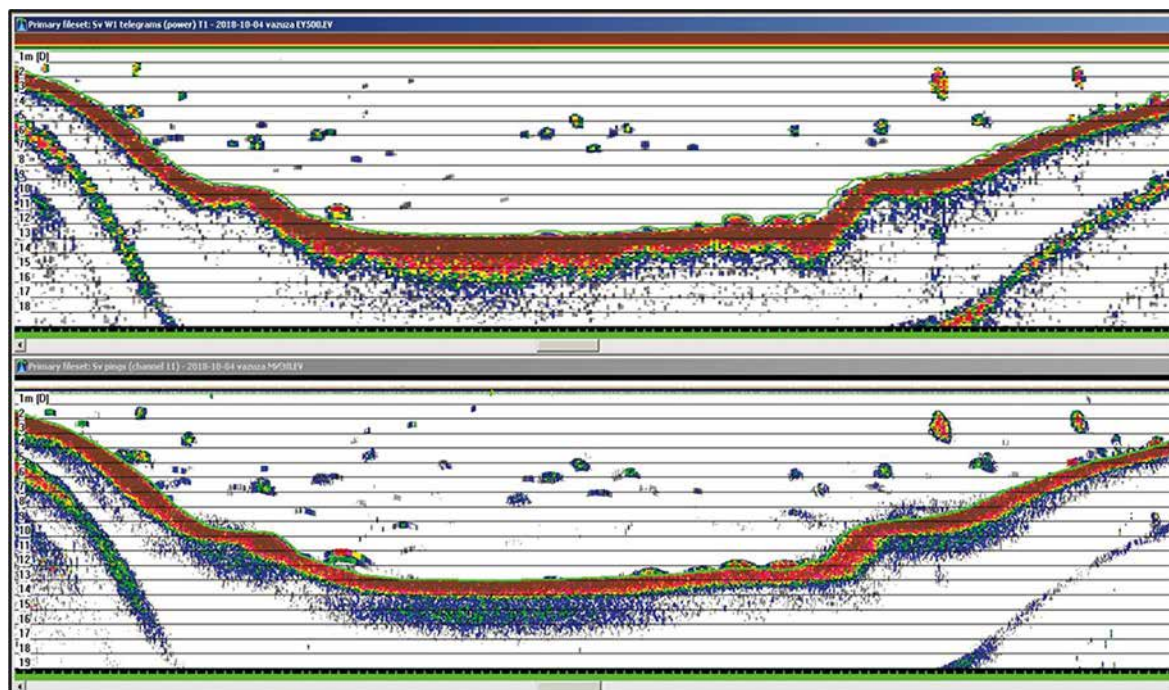


Рис. 7. Пример эхограмм ЕУ500 (верхняя эхограмма) и МИЭЛ (нижняя эхограмма) мелких рыбных косяков и отдельных рыб в ППС EchoView

эхолотов МИЭЛ и ЕУ500. Сила объёмного обратного рассеяния (Volume backscattering strength) Sv [MacLennan et al, 2002] является акустической характеристикой отража-

тельных свойств, например, рыбного косяка, представляющего собой скопление рыб (т. е. множественный объект) в отличие от TS, которая является характеристикой от-

**Таблица 1.** Результаты расчётов средних значений силы обратного объёмного рассеяния  $Sv_{cp}$  на каждом галсе гидроакустической съёмки по данным эхолотов МИЭЛ и ЕУ-500

МИЭЛ				ЕУ500		МИЭЛ — ЕУ500	
№ галса	число посылок	$Sv_{cp}$ , дБ	$Sv_{st.dev.}$	число посылок	$Sv_{cp}$ , дБ	$Sv_{st.dev.}$	$\Delta Sv$ , дБ
1	675	-62,74	0,000009	337	-62,31	0,000010	-0,43
2	714	-67,70	0,000004	358	-66,63	0,000006	-1,07
3	707	-57,56	0,000029	352	-55,96	0,000043	-1,60
4	800	-65,18	0,000004	398	-62,64	0,000013	-2,54
5	834	-57,78	0,000028	412	-55,72	0,000079	-2,05
6	825	-59,81	0,000016	413	-58,32	0,000027	-1,49
7	825	-56,89	0,000040	419	-55,99	0,000057	-0,91
8	859	-55,35	0,000048	428	-53,75	0,000089	-1,60
9	833	-55,40	0,000055	417	-55,51	0,000063	0,11
10	897	-63,73	0,000006	447	-63,28	0,000007	-0,45
11	822	-55,13	0,000043	407	-52,75	0,000090	-2,37
12	773	-60,36	0,000010	388	-56,96	0,000033	-3,40
13	770	-55,39	0,000045	380	-54,41	0,000053	-0,98
14	854	-57,31	0,000043	428	-54,62	0,000085	-2,69
15	777	-56,27	0,000043	388	-53,69	0,000104	-2,58
16	752	-62,78	0,000006	378	-61,29	0,000011	-1,49
17	697	-57,95	0,000026	348	-55,71	0,000056	-2,24
18	898	-58,25	0,000022	449	-56,79	0,000035	-1,46
19	787	-56,05	0,000035	395	-53,93	0,000063	-2,11
20	1011	-66,38	0,000004	510	-62,12	0,000022	-4,26
21	928	-65,81	0,000004	465	-66,64	0,000005	0,83
22	1083	-64,57	0,000008	543	-64,24	0,000011	-0,33
23	990	-55,19	0,000047	501	-54,92	0,000054	-0,27
24	1018	-57,39	0,000032	510	-56,06	0,000043	-1,33
25	990	-58,25	0,000038	497	-55,45	0,000079	-2,81
26	1130	-68,60	0,000003	567	-69,63	0,000004	1,04
27	789	-63,22	0,000008	395	-61,76	0,000015	-1,46
28	730	-63,87	0,000005	363	-59,83	0,000024	-4,04
29	746	-66,87	0,000006	378	-64,61	0,000010	-2,26
30	875	-64,98	0,000008	438	-66,24	0,000005	1,26
31	999	-58,71	0,000034	498	-56,32	0,000058	-2,39
32	1021	-63,98	0,000005	511	-62,50	0,000010	-1,47
Среднее		-60,61	Среднее		-59,08	Среднее	-1,53

ражательных свойств одиночного объекта, например, отдельной рыбы. При сравнении этих величин, полученных по данным МИЭЛ с результатами расчётов по данным ЕУ500, который являлся референсным прибором в наших работах, можно оценить насколько корректно работает метод эхоинтегрирования в МИЭЛ. Как видно из таблицы,

разница между значениями  $Sv_{cp}$  на некоторых галсах были очень близки и варьировались в абсолютных единицах в диапазоне от 0,2 до 3,4 дБ. Усреднённое значение разницы  $Sv_{cp}$  между МИЭЛ и ЕУ500 по всем галсам съёмки составило 1,53 дБ. Разницу между значениями  $Sv_{cp}$  по данным МИЭЛ и ЕУ500 объясняется разными диаграммами направ-



ленности антенн, частотами излучения, неравномерностью распределения рыбных косяков по акватории водоёма.

В табл. 2 представлены результаты расчёта средних значений  $TS_{cp}$  и длин  $L_{cp}$  рыб на каждом галсе гидроакустической съёмки. На рис. 8 представлена гистограмма распределения  $TS$  рыб по данным эхолотов МИЭЛ

и EY500, рассчитанная по всему маршруту гидроакустической съёмки, на рис. 9 — нормированная гистограмма распределения  $TS$  к общему числу зарегистрированных рыб каждым эхолотом (1695 рыб — EY500 и 4158 рыб — МИЭЛ).

Необходимо отметить высокую степень совпадения результатов расчёта  $TS$  рыб, по

**Таблица 2.** Результаты расчёта средних значений  $TS_{cp}$  и длин рыб  $L_{cp}$  на каждом галсе гидроакустической съёмки

МИЭЛ					EY500			МИЭЛ — EY500		
Галс №	число рыб	$TS_{cp}$ (dB)	$TS$ st.dev.	$L_{cp}$ (см)	число рыб	$TS_{cp}$ (dB)	$TS$ st.dev.	$L_{cp}$ (см)	$\Delta L$ (см)	$\Delta TS$ (dB)
1	90	-45,01	0,000047	9,9	26	-46,84	0,000021	7,6	2,3	1,83
2	91	-45,21	0,000034	9,7	23	-46,71	0,000015	7,7	2,0	1,51
3	100	-46,23	0,000036	8,5	46	-42,91	0,000085	12,1	-3,6	-3,32
4	128	-45,37	0,000026	9,5	44	-44,12	0,000065	10,5	-1,0	-1,25
5	182	-42,62	0,000075	13,2	87	-44,70	0,000105	9,8	3,4	2,08
6	172	-43,34	0,000073	12,1	87	-43,17	0,000101	11,8	0,3	-0,17
7	117	-42,23	0,000098	13,8	74	-41,39	0,000146	14,6	-0,7	-0,85
8	140	-42,66	0,000099	13,1	53	-40,72	0,000165	15,8	-2,7	-1,94
9	158	-41,65	0,000127	14,8	80	-40,15	0,000213	16,9	-2,1	-1,50
10	142	-46,16	0,000027	8,6	47	-45,17	0,000027	9,2	-0,6	-1,00
11	139	-41,84	0,000111	14,5	69	-42,41	0,000106	12,9	1,6	0,57
12	171	-44,41	0,000061	10,6	83	-41,10	0,000148	15,1	-4,4	-3,31
13	175	-45,07	0,000041	9,8	76	-45,18	0,000039	9,2	0,6	0,10
14	204	-45,14	0,000037	9,7	63	-45,43	0,000047	9,0	0,8	0,29
15	141	-45,28	0,000052	9,6	74	-43,55	0,000123	11,2	-1,7	-1,73
16	129	-45,25	0,000037	9,6	59	-45,18	0,000048	9,2	0,4	-0,07
17	156	-45,07	0,000048	9,8	41	-43,60	0,000135	11,2	-1,3	-1,46
18	212	-44,24	0,000044	10,9	105	-44,67	0,000046	9,8	1,1	0,44
19	197	-43,75	0,000056	11,5	66	-42,53	0,000071	12,7	-1,2	-1,22
20	153	-44,51	0,000042	10,5	43	-42,77	0,000126	12,3	-1,8	-1,74
21	97	-43,90	0,000038	11,3	31	-44,58	0,000060	9,9	1,4	0,68
22	103	-43,50	0,000106	11,9	32	-43,36	0,000093	11,5	0,4	-0,14
23	76	-44,30	0,000055	10,8	32	-42,43	0,000077	12,9	-2,1	-1,87
24	110	-43,78	0,000046	11,5	51	-43,34	0,000047	11,5	0,0	-0,44
25	75	-44,08	0,000058	11,1	36	-45,86	0,000023	8,5	2,6	1,78
26	102	-44,15	0,000046	11,0	28	-45,90	0,000017	8,5	2,5	1,75
27	118	-41,32	0,000103	15,4	50	-43,11	0,000084	11,8	3,6	1,79
28	143	-42,84	0,000056	12,9	56	-40,42	0,000149	16,4	-3,5	-2,42
29	70	-46,49	0,000022	8,3	34	-47,00	0,000017	7,4	0,9	0,51
30	61	-40,98	0,000082	16,1	17	-40,67	0,000092	15,9	0,2	-0,30
31	63	-43,72	0,000053	11,6	18	-40,67	0,000149	15,9	-4,3	-3,06
32	143	-43,12	0,000071	12,4	64	-45,51	0,000027	8,9	3,6	2,39
Среднее		-43,98			Среднее	-43,60		Среднее	-0,10	-0,377

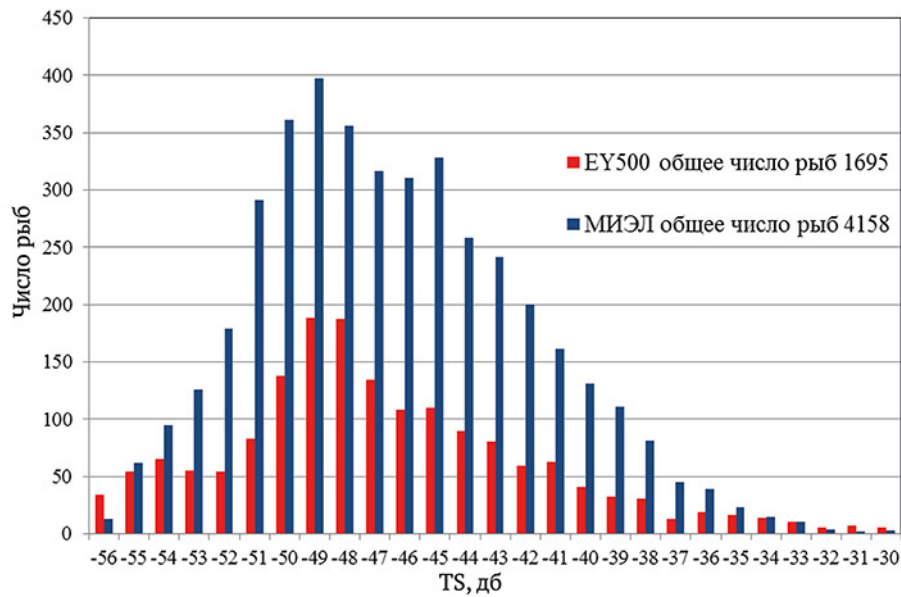


Рис. 8. Гистограмма распределения TS рыб по данным эхолотов МИЭЛ и EY500, рассчитанная по всему маршруту гидроакустической съёмки

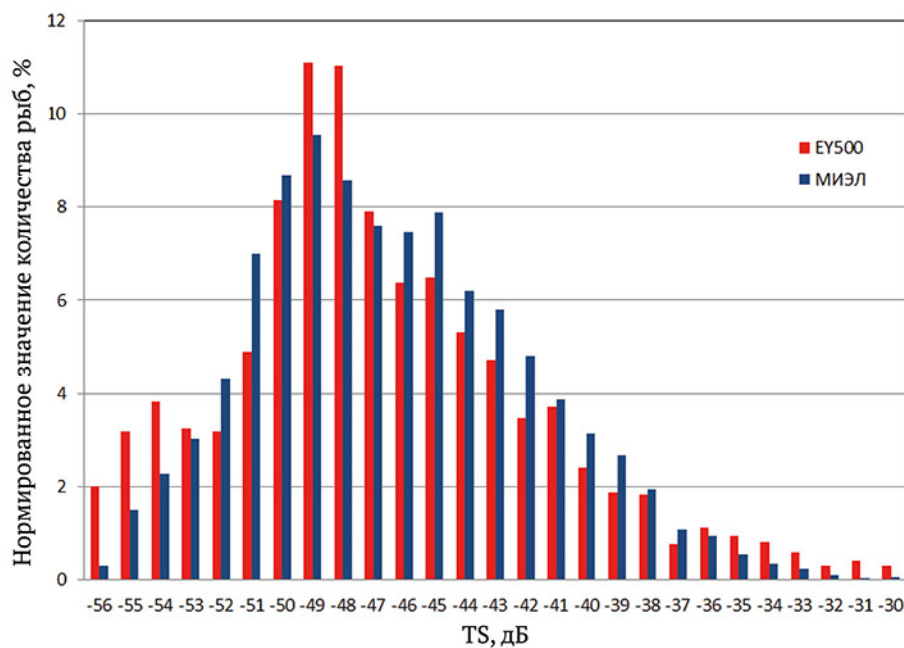


Рис. 9. Нормированная гистограмма распределения TS рыб по данным эхолотов МИЭЛ и EY500, рассчитанная по всему маршруту гидроакустической съёмки

данным эхолотов МИЭЛ и EY500. Диапазон отличий очень мал. Абсолютная средняя величина отличий по TS составила 0,38 дБ, а по длине рыбы 0,1 см. Среднее значение TS в табл. 2, рассчитанное по данным эхолота EY500, составило –43,6 дБ, а по данным

эхолота МИЭЛ — 43,98. Средняя разница в расчётах TS между показаниями МИЭЛ и EY500 равна — 0,38 дБ, что практически совпадает с теоретической разницей в оценках TS, связанной с разными несущими частотами эхолотов (для EY500–70 кГц и для

МИЭЛ — 200 кГц). Преобразуя уравнение Лава [Love, 1971], эта разница определяется по следующей формуле:

$$0,9 \log f_{\text{EY500}}/f_{\text{МИЭЛ}} = -0,41 \text{ дБ} \quad (2)$$

Разница между теоретической оценкой и экспериментальной практически равна нулю. Большее количество подсчитанных рыб эхолотом МИЭЛ как в целом по всему маршруту гидроакустической съёмки (рис. 8), так и на каждом галсе (табл. 2) объясняется существенно более широкой диаграммой направленности (а значит, и большим облучаемым объёмом) по сравнению с эхолотом EY500.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории Российской Федерации расположено огромное количество пресноводных водоёмов, обладающих большим запасом водных биоресурсов. Для их оценки и рациональной эксплуатации необходимо использовать современные научные методы, к которым относится и гидроакустический метод количественной оценки, основанный на проведении гидроакустических съёмок. Точность количественной оценки рыбных запасов в существенной мере зависит от используемой гидроакустической аппаратуры в процессе проведения съёмки. На сегодняшний день зарубежные компании выпускают небольшое количество гидроакустических средств, предназначенных для количественной оценки ВБР на пресноводных акваториях. Стоимость этих приборов очень высока и недоступна подавляющему числу отечественных рыбохозяйственных научных организаций, что не позволяет их широко использовать при проведении ресурсных исследований на территории России.

Предполагаемая более низкая стоимость нового отечественного научного эхолота, высокие технические характеристики, не уступающие зарубежным аналогам, а по ряду параметров и превосходящие их, компактность, делает его более доступным и привлекательным техническим средством для решения рыбохозяйственных и природоохранных задач.

В заключении выражаем искреннюю благодарность директору Зубцовского рыбообразового завода Карелину Ивану Петровичу за содействие и помощь, оказанную при проведении научных работ.

### ЛИТЕРАТУРА

- ICES Fisheries Technology Committee. 1999. Report of the Working Group on Fisheries Acoustics Science and Technology St John's, Canada, April 1999.
- McQuinn I.H., Reid D., Berger L., Diner N., Heatley D., Higginbottom I., Andersen L.N., Langeland O., Lapierre J.P. 2005. Description of the HAC standard format for raw and edited acoustic data, version 1.6, ICES Cooperative Research Report, Rapport des Recherches Collectives, No. 278: p88.
- Love R. 1971. Dorsal-aspect target strength of an individual fish // J. Acoust. Soc. Am., 49(3):816–823.
- Footo K.G., Knudsen H.P., Vesines G., MacLennan D.N., Simmonds E.J. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation. A practical guide. ICES Coop. Res. Rep. No. 144: 8–16.
- Footo K.G. 1982. Optimising copper spheres for precision calibration of hydroacoustic equipment // J. Acoust. Soc. Am. 71(3), 742–747.
- MacLennan D.N., Svellingen I. 1989. Simple calibration technique for the split-beam echosounder // FiskDir. Skr. Ser. HavUnders. 18: 365–000, 365–379.
- MacLennan D.N., Fernandes P.G., Dalen J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics // ICES J. of Marine Science, 59: 365–369.
- Carlson T.J., Jackson D.R. 1980. Empirical evaluation of the feasibility of split beam methods for direct in situ target strength measurement of single fish. Seattle Applied Physics Laboratory. University of Washington (APL-WW 806).

Поступила в редакцию 28.01.2019 г.  
Принята после рецензии 10.03.2019 г.



## Equipment for fisheries research

**The test results of the Russian echo-sounder with split beam intended for resource researches on inland water***S.M. Goncharov<sup>1</sup>, S.B. Popov<sup>1</sup>, A.N. Dolgov<sup>2</sup>, A.N. Kutsenko<sup>2</sup>, M.A. Raskin<sup>2</sup>*<sup>1</sup> Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow<sup>2</sup> Vector Marine Electronics, Ltd («Vector»), Taganrog

Design of Russian scientific echo-sounder for resource researches is actual, especially after imposition of sanctions against the Russian Federation by the western countries, when sale of different foreign high-tech products was prohibited in Russia. Besides buying foreign equipment which is allowed for sale in the Russian Federation, our users don't have opportunity to contact with the western partners as well as don't have possibilities to modernize and improve purchased equipment. This article presents short technical characteristics of new Russian small-sized echo-sounder model, named MIEL. For testing of new echo-sounder there was carried out hydroacoustic survey, also using scientific Simrad EY500 echo-sounder on Vazuza basin in autumn 2018. The EY500 echo-sounder was chosen as reference standard device as many years it was used by many Russian and foreign scientific organizations for resource researches on inland water. Fish school and single fish which were registered by EY500 and MIEL echo-sounder were completely identical. Completeness and convenience of information provided on the MIEL screen was significantly higher than the information, presented by EY500 echo-sounder. Also it should be noted the high extent of results coincidence of echo-counting and fish TS. Estimated lower cost of new Russian echo-sounder as well as its high technical characteristics which are well-compared with foreign analogues, and in some parameters surpassing them, compactness, makes this model more available and attractive for solution of fisheries and environmental problems.

**Keywords:** scientific echo-sounder, hydroacoustic survey, quantitative estimation, echo-integration, echo-counting, resource researches.

## REFERENCES

- ICES Fisheries Technology Committee. 1999. Report of the Working Group on Fisheries Acoustics Science and Technology St John's, Canada, April 1999.
- McQuinn I.H., Reid D., Berger L., Diner N., Heatley D., Higginbottom I., Andersen L.N., Langeland O., Lapierre J.P. 2005. Description of the HAC standard format for raw and edited acoustic data, version 1.6, ICES Cooperative Research Report, Rapport des Recherches Collectives, No. 278: p 88.
- Love R. 1971. Dorsal-aspect target strength of an individual fish // J. Acoust. Soc. Am., 49(3):816–823.
- Foote K.G., Knudsen H.P., Vesines G., MacLennan D.N., Simmonds E.J. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation. A practical guide. ICES Coop. Res. Rep. No. 144: 8–16.
- Foote, K.G. 1982. Optimising copper spheres for precision calibration of hydroacoustic equipment // J. Acoust. Soc. Am. 71(3), 742–747.
- MacLennan D.N., Svellingen I. 1989. Simple calibration technique for the split-beam echosounder // FiskDir. Skr. Ser. HavUnders. 18: 365–000, 365–379.
- MacLennan D.N., Fernandes P.G., Dalen J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics // ICES J. of Marine Science, 59: 365–369.
- Carlson T.J., Jackson D.R. 1980. Empirical evaluation of the feasibility of split beam methods for direct in situ target strength measurement of single fish. Seattle Applied Physics Laboratory. University of Washington (APL-WW 806).

### TABLE CAPTIONS

**Table 1.** Calculations results of mean volume backscattering strength  $Sv_{cp}$  on each transect of hydro-acoustic survey according to echo-sounders MIEL and EY500 data

**Table 2.** Calculations results of target strength average value  $TS_{mean}$  and fish length  $L_{mean}$  on each transect of hydro-acoustic survey

### FIGURE CAPTIONS

**Fig. 1.** Photo of russian echo-sounder MIEL containing computer, transducer and split beam antenna

**Fig. 2.** Scientific Norwegian echo-sounder Simrad EY500

**Fig. 3.** Fragment of caring out MIEL calibration

**Fig. 4.** Transects scheme of echo-survey

**Fig. 5.** Echogram fragment on MIEL display and location of single fish in the echo-sounder beam in three-dimensional projection during echo-signal reception

**Fig. 6.** Echogram fragment on MIEL display, value of surface density on current integration interval — 24222 pieces / hectare, number of fish — 146 pieces in the layer, selected by green lines, as well as histograms of dimensional distribution of roach with 5cm modal value

**Fig. 7.** EY500 echogram example (upper part) MIEL echogram example (lower part) of small fish school and single fish in EchoView software

**Fig. 8.** Histogram of distribution TS fish according to echo-sounders MIEL and EY500 data, calculating on all route of hydro-acoustic survey