



Общие вопросы / General problems

Оригинальная статья / Original article

УДК 639.2.081.7

DOI: 10.18470/1992-1098-2016-4-46-55

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА В КАСПИЙСКОМ МОРЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАУЧНОГО МНОГОЛУЧЕВОГО ЭХОЛОТА НА НИС «ИССЛЕДОВАТЕЛЬ КАСПИЯ» ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ РЫБ В ШИРОКОЙ ПОЛОСЕ ОБЗОРА

¹Гайирбег М. Абдурахманов, ¹Абдулгамид А. Теймуров,

¹Алимурад А. Гаджиев, ²Александр Н. Долгов*,

²Александр Н. Куценко, ²Максим А. Раскита, ²Сергей В. Третьяков

¹Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

²ООО КБМЭ «Вектор», Таганрог, Россия, kbvector@mail.ru

Резюме. Цель. Экспериментальная проверка в Каспийском море возможности применения научного многолучевого эхолота на научно-исследовательском судне «Исследователь Каспия» для обнаружения рыб в широкой полосе обзора. **Методы.** Проведены гидроакустические съемки одновременно научным многолучевым эхолотом и научным эхолотом Simrad EK60. Выполнено сравнение записей научного многолучевого эхолота с записями научного эхолота Simrad EK60. Рассчитаны значения коэффициента обратного объемного рассеяния вдоль траектории движения НИС для записей научного многолучевого эхолота и научного эхолота Simrad EK60, и проведено их сравнение. **Результаты.** Величины коэффициента обратного объемного рассеяния для записей научного многолучевого эхолота и научного эхолота Simrad EK60 имеют близкие значения. Выявлено преимущество широкой полосы обзора научного многолучевого эхолота над узкой полосой обзора научного эхолота Simrad EK60. **Выводы.** Экспериментальная проверка научного многолучевого эхолота в Каспийском море подтвердила возможность его применения для обнаружения рыб в широкой полосе обзора. Однако для повышения эффективности работы эхолота в этом режиме необходимо продолжить совершенствование алгоритмов обработки гидроакустических данных в части фильтрации гидродинамических шумов, изменения размещения подводного блока научного многолучевого эхолота путем встраивания его в днище судна или в выдвижном киле.

Ключевые слова: научный многолучевой эхолот, широкая полоса обзора, обнаружение рыб.

Формат цитирования: Абдурахманов Г.М., Теймуров А.А., Гаджиев А.А., Долгов А.Н., Куценко А.Н., Раскита М.А., Третьяков С.В. Экспериментальная проверка в Каспийском море возможности применения научного многолучевого эхолота на НИС «Исследователь Каспия» для обнаружения рыб в широкой полосе обзора // Юг России: экология, развитие. 2016. Т.11, N4. С.46-55. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-4-46-55

EXPERIMENTAL TRIAL OF USING THE SCIENTIFIC MULTIBEAM ECHOSOUNDER DESIGNED TO DETECT FISH IN A WILD FIELD OF VIEW

¹Gayirbeg M. Abdurakhmanov, ¹Abdulgamid A. Teymurov,

¹Alimurad A. Gadzhiev, ²Alexander N. Dolgov*,

²Alexander N. Kutsenko, ²Maxim A. Raskita, ²Sergey V. Tretyakov

¹Dagestan State University, Makhachkala, Russia

²Vector Marine Electronics, Ltd, Taganrog, Russia, kbvector@mail.ru

Abstract. Objectives. Experimental trial of using the scientific multibeam echosounder installed on the research vessel "Issledovatel Kaspiya" was conducted in the Caspian Sea with the purpose to detect fish in a wild field of view. **Methods.** Both the scientific multibeam echosounder and the scientific echosounder Simrad EK60 were simultaneously utilized for performing acoustic surveys. Data obtained from the scientific multibeam echosounder were compared to data obtained from Simrad EK60. Coefficients of volume backscattering at the vessel's tracks obtained from the multibeam echosounder and the Simrad EK60 echosounder were also compared. **Results.** Values of the volume backscattering coefficient obtained both from the multibeam echosounder and the Simrad EK60 echosounder are rather close. It was revealed that a wild field of view of the multibeam echosounder is more advantageous than the narrow field of view of Simrad EK60. **Main conclusions.** Full-scale tests of the multibeam echosounder performed



in the Caspian Sea well proved that it can be used for detecting fish in a wide field of view. But to increase the echosounder efficiency in this operation mode, it is necessary to continue improving the data processing algorithms with regards to hydrodynamic noise filtering and to reposition the echosounder underwater unit mounting it at the vessel's bottom or submerged keel.

Keywords: scientific multibeam echosounder, wide field of view, fish detection.

For citation: Abdurakhmanov G.M., Teymurov A.A., Gadzhiev A.A., Dolgov A.N., Kutsenko A.N., Raskita M.A., Tretyakov S.V. Experimental trial of using the scientific multibeam echosounder designed to detect fish in a wide field of view. *South of Russia: ecology, development*. 2016, vol. 11, no. 4, pp. 46-55. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2016-4-46-55

ВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мировой практике исследования водных биоресурсов широкое признание получили норвежские научные гидроакустические эхолоты Simrad EY60 и Simrad EK60. Для этих приборов разработаны методики проведения акустических съемок, методики обработки результатов измерений и эти приборы фактически стали эталонами научной гидроакустической аппаратуры. Эхосъемки проводятся, как правило, на рабочих частотах от 38 до 200 кГц. Рабочая частота 38 кГц используется при необходимости проведения исследований в широком диапазоне глубин. В то же время съемки на частоте 200 кГц обеспечивают наилучшую разрешающую способность, и позволяют регистрировать рыб с минимальными размерами до 2 – 3 см. В прибрежных районах рабочую частоту 200 кГц можно считать наиболее оптимальной.

Практика показала [1, 2], что при проведении акустических съемок в приповерхностном морском слое основным недостатком зарубежных однолучевых эхолотов Simrad EY60 и Simrad EK60 является использование только одного акустического

луча, ширина которого на частоте 200 кГц обычно составляет по уровню -3 дБ всего 7 градусов. Поскольку проведение эхосъемок водоема предполагает покрытие как можно большей части исследуемой акватории, то применение для съемок аппаратуры с одним узким лучом требует прокладки большого числа галсов, что влечет за собой увеличение временных затрат и затрат энергии для движения плавсредства.

В настоящее время российские специалисты-акустики, занимающиеся эхосъемками и исследованиями водных биоресурсов и распределения их по акватории исследуемых водоемов, из-за отсутствия отечественной научной гидроакустической аппаратуры вынуждены использовать дорогостоящую зарубежную аппаратуру, не способную эффективно работать на мелководье.

Разработанный научный многолучевой эхолот является примером инновационной отечественной научной гидроакустической аппаратуры, способной составить конкуренцию зарубежной аппаратуре при проведении научных исследований водных биоресурсов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С 12 июля по 8 августа 2016 года выполнялся рейс №34 НИС «Исследователь Каспия», в ходе которого проводились экспериментальная проверка возможности применения научного многолучевого эхолота для обнаружения рыб в широкой полосе обзора и исследования запасов водных биоресурсов. Особенностью данного гидроакустического прибора является возможность использования как узкой характеристики направленности (ХН) в излучении (шириной 7 градусов), сравнимой с ХН научного эхолота Simrad EK60, так и широкой ХН (шириной 90 градусов). В процессе выполнения экспериментальных исследований особое

внимание уделялось прибрежным районам Среднего Каспия от устья реки Шура-Озень до устья реки Терек и далее от острова Чечень до Кизлярского залива. Траектория движения НИС «Исследователь Каспия» при проведении экспериментальных исследований показана на рисунке 1, начало траектории обозначено символом «□», конец траектории обозначен символом «○». Глубина в этих районах изменялась от 10 до 15 м, температура воды составляла около 25 градусов Цельсия и солёность менялась от 10 – 14 промилле в районе Махачкалы до 3 – 7 промилле в Кизлярском заливе.

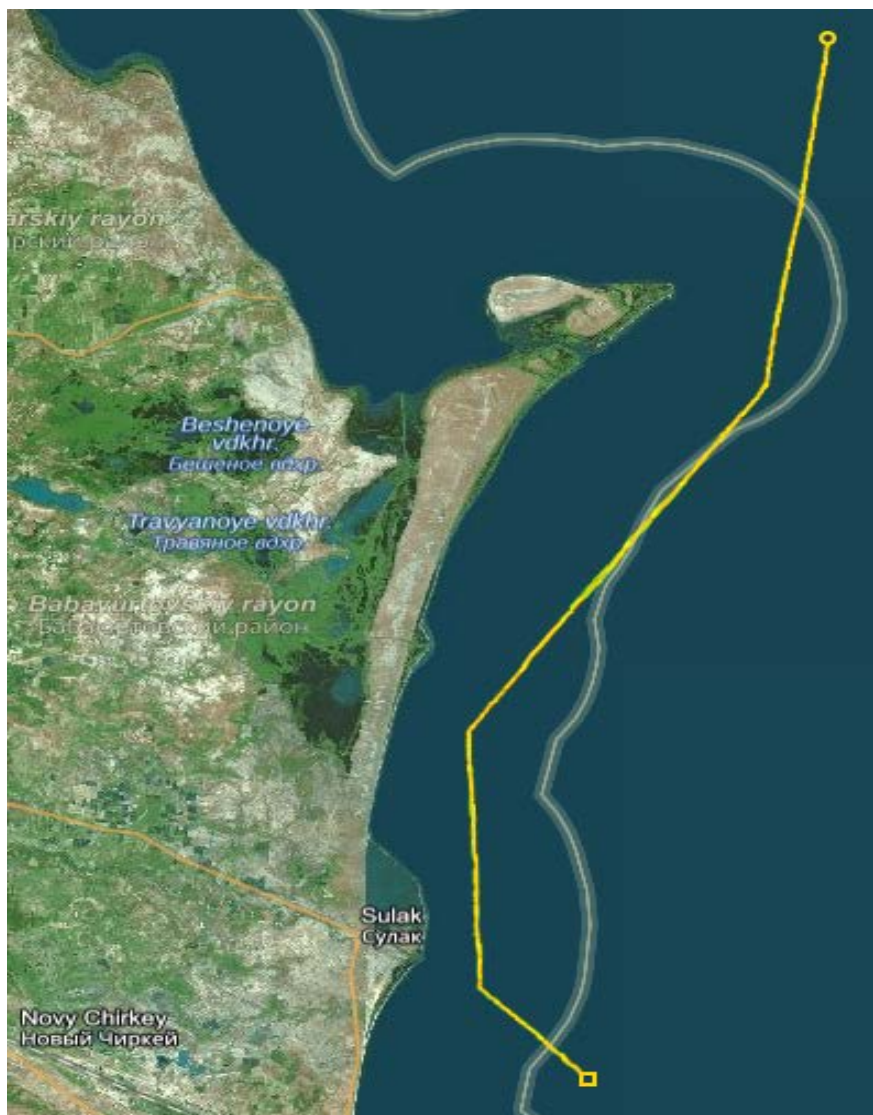


Рис. 1. Траектория движения НИС «Исследователь Каспия»
Fig. 1. Trajectory of scientific & research vessel "Issledovatel Kaspiya"

Антенна научного эхолота Simrad EK60 была штатно установлена в днище НИС «Исследователь Каспия», заглубление антенны определялось осадкой судна и составляло примерно 3,5 метра.

Подводный блок (антенна и блок электроники) научного многолучевого эхолота закреплялся на штанге забортного устройства, установленной на правом борту НИС «Исследователь Каспия» (см. рис. 2). Заглубление подводного блока относительно поверхности воды составляло порядка одного метра. Прибор управления и индикации многолучевого эхолота и рабочее место оператора-гидроакустика располагались в научной лаборатории НИС. Средняя скорость хода судна во время выполнения экспери-

ментальных исследований составляла 8 узлов, волнение морской поверхности достигало 3 баллов.

Гидроакустическая аппаратура для количественной оценки рыбных концентраций является измерительным средством, требующая проведения периодической калибровки для уточнения рабочих характеристик аппаратуры. Качество калибровки определяет точность оценки и распределения численности и биомассы рыбных концентраций на обследованных акваториях, а сама калибровка является одним из важнейших элементов акустической съемки [3, 4].

Перед проведением гидроакустических съемок была выполнена калибровка научного многолучевого эхолота. В качестве эта-

лонной цели использовалась карбид-вольфрамовая сфера диаметром 38,1 мм. Сфера подвешивалась по трехточечной схе-

ме и располагалась на дистанции 15 м от антенны эхолота, глубина под килем составляла порядка 50 м.



Рис. 2. Штанга забортного устройства с многолучевым эхолотом в рабочем положении

Fig. 2. Rod of outboard device with multibeam echosounder in operational position

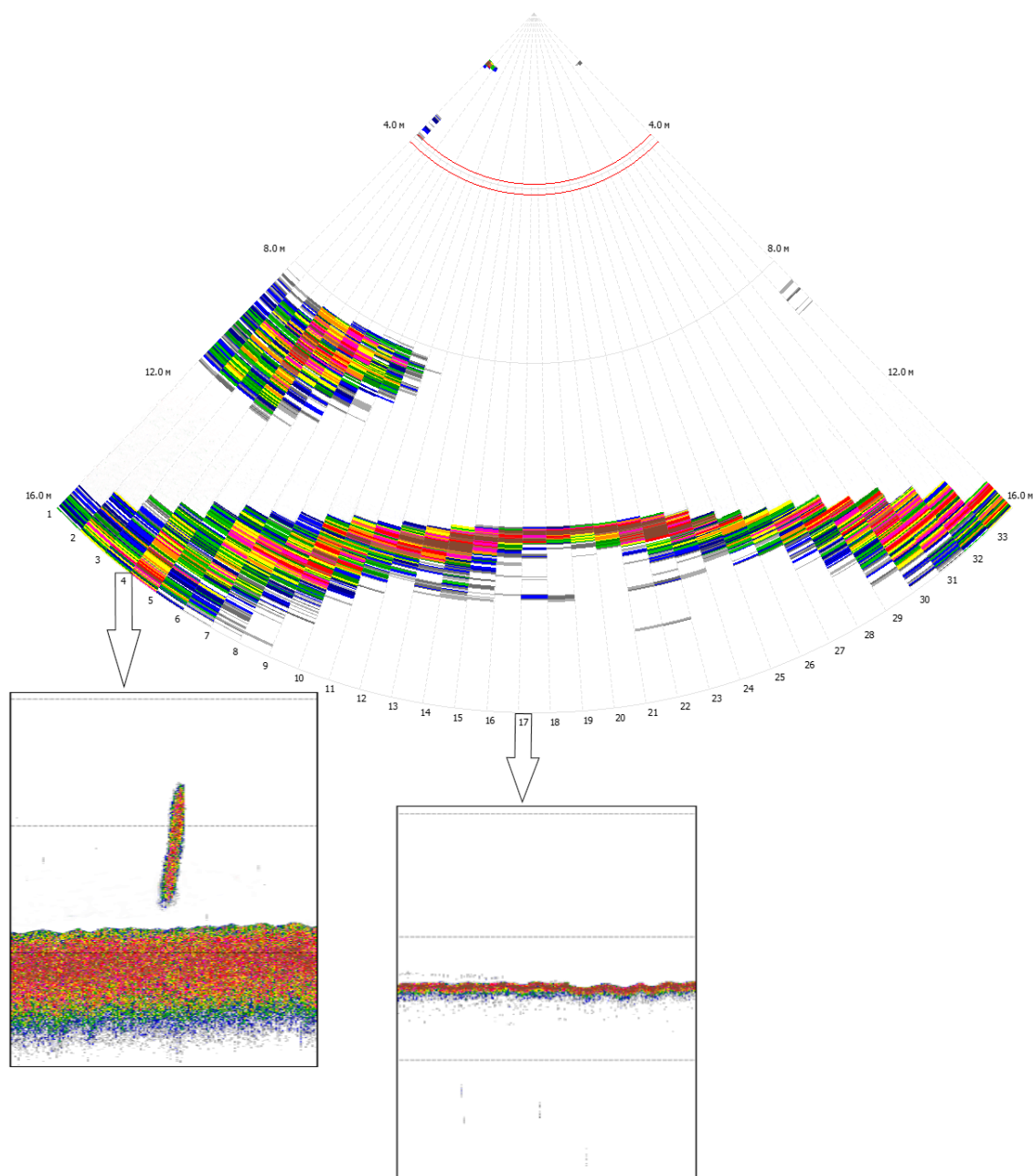
ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении экспериментальной проверки научного многолучевого эхолота была оценена величина фактической полосы обзора, которая составила 2 глубины при использовании широкой ХН. Для сравнения величина фактической полосы обзора эхолота Simrad EK60 в этих же условиях составила 0,12 глубины. Таким образом, многолучевой эхолот имеет полосу обзора в 16,7 раз больше чем у эхолота Simrad EK60.

На рисунке 3 представлен режим одновременного отображения гидроакустических данных по всем лучам многолучевого эхолота – режим «Сектор». Виден косяк рыбы, регистрирующийся в лучах с 1 по 10. Судя по экспертной оценке сотрудников КаспНИРХ и по форме зарегистрированного скопления, на экране эхолота наблюдается скопление воблы размером 8 – 10 см. При

использовании традиционной узкой ХН в данном случае (луч № 17) рыбное скопление не обнаружено. Так же и при использовании эхолота Simrad EK60 это рыбное скопление не было обнаружено (см. рис. 4).

В ходе экспериментальной проверки научного многолучевого эхолота уверенно фиксировались эхосигналы от осетровых, лежащих на дне в стороне от траектории движения судна. На рисунке 5 приведены примеры эхограмм, полученных в центральном луче (№ 17) и в боковом луче (№ 21) эхолота. На рисунке 5 (а) видны эхосигналы от осетровых в красном и зеленом кружках, эхосигнал в синем кружке отсутствует. На рисунке 5 (б) напротив, присутствует эхосигнал в синем кружке, в зеленом – отсутствует, в красном – слабый эхосигнал.



**Рис. 3. Режимы отображения гидроакустических данных в научном
многолучевом эхолоте**
Fig. 3. Display modes of hydroacoustical data in scientific multibeam echosounder

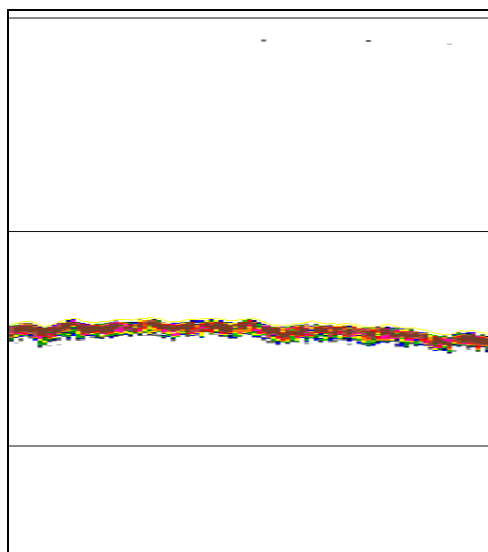


Рис. 4. Эхограмма отображения гидроакустических данных в научном эхолоте Simrad EK60

Fig. 4. Echogram of hydroacoustical data in scientific echosounder Simrad EK60

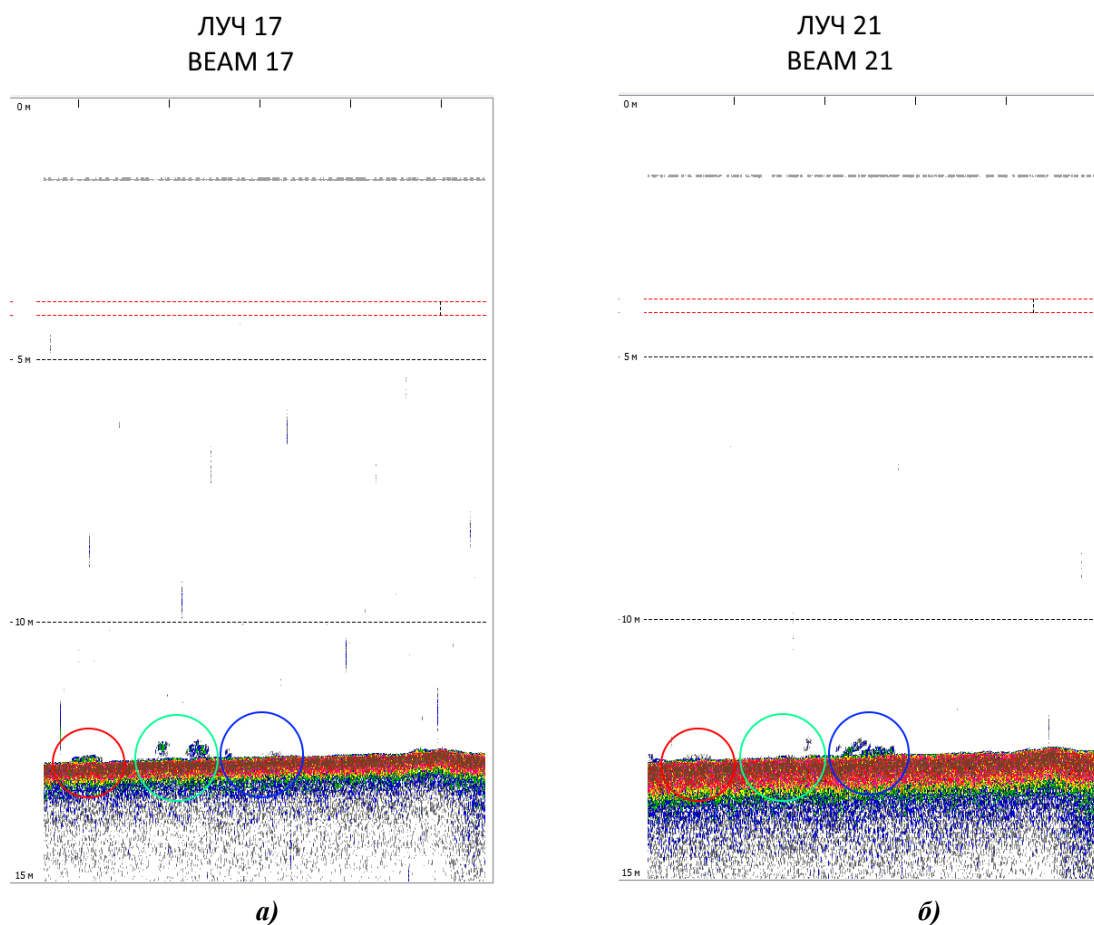


Рис. 5. Сравнение эхограмм с осетровыми в центральном и боковом лучах в научном многолучевом эхолоте

Fig. 5. Comparison of echograms with sturgeons in the center and side beams of the scientific multibeam echosounder



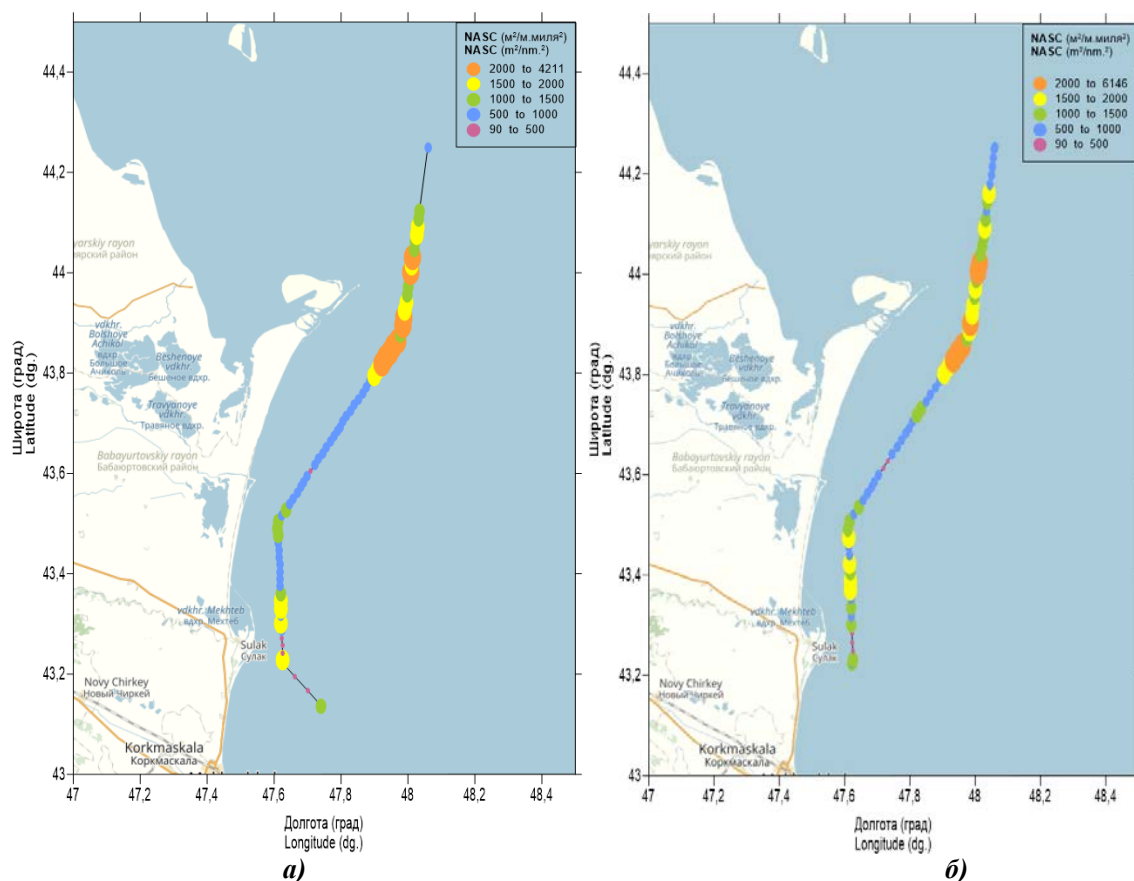
Таким образом, налицо преимущество использования научного многолучевого эхолота с широкой ХН по отношению к использованию однолучевого эхолота. Обнаружены рыбные скопления и отдельные рыбы на дне, находящиеся в стороне от траектории движения судна.

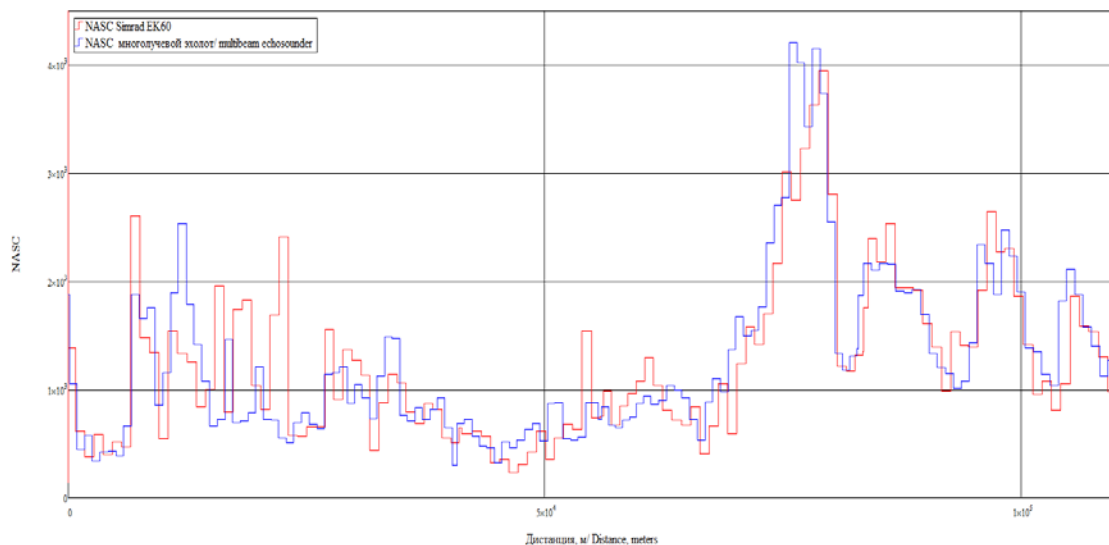
Основным методом оценки запасов водных биоресурсов на сегодняшний день является метод эхоинтегрирования. Этот метод признан эффективным и надежным методом для количественной оценки рыбных скоплений и его теоретическое обоснование, и развитие было представлено в работах [5], [6] и [7]. В основе этого метода лежит интегрирование эхосигналов в вертикальном направлении внутри заданного слоя и последующее усреднение в горизонтальном направлении вдоль траектории движения судна. Для многолучевых систем апробированных и рекомендуемых методик не

существует. Поэтому количественная оценка выполнялась по вертикальному лучу научного многолучевого эхолота.

Обработка гидроакустических записей выполнялась в программном пакете пост-процессинговой обработки EchoView 7.0. Результат обработки представлен в виде величины морского коэффициента обратного рассеяния единицей площади акватории NASC (Nautical Area Scattering Coefficient) [8], имеющего размерность $\text{м}^2/\text{морская миля}^2$.

На рисунке 6 представлены расчетные величины NASC по траектории движения НИС «Исследователь Каспия», полученные в результате обработки гидроакустических данных многолучевого эхолота (а) и эхолота Simrad EK60 (б). На рисунке 6 (в) приведены совмещенные результаты расчета величины NASC вдоль траектории движения НИС.





в)

Рис. 6. Распределение NASC вдоль галсов движения НИС «Исследователь Каспия»
Fig. 6. NASC distribution along the tacks of scientific & research vessel's
“Issledovatel Kaspiya” movement

Видно качественное совпадение полученных результатов. Различия в величинах NASC между многолучевым эхолотом и эхолотом Simrad EK60 не превышают 10% и могут быть объяснены различными рабочими частотами этих приборов, у многолучевого эхолота рабочая частота составляет 200 кГц, у эхолота Simrad EK60 – 120 кГц.

В процессе проведения экспериментальных исследований был зафиксирован высокий уровень шумов на эхограммах научного многолучевого эхолота в сравнении с эхограммами эхолота Simrad EK60 (см. рис. 7).

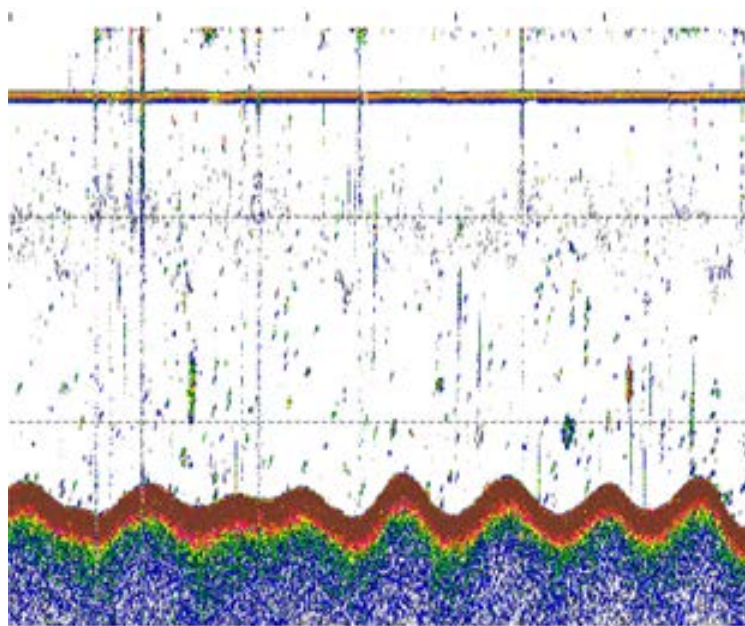


Рис. 7. Сигналы от мелкой рыбы на фоне шумов на эхограмме научного многолучевого эхолота
Fig. 7. Signals from the small fish in the background noise on the echogram of scientific multibeam echo sounder



Анализ эхограмм научного многолучевого эхолота показал, что шумы имеют гидродинамическую природу, связанную с

применением забортного устройства (см. рис. 2) для установки подводного блока эхолота.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментальная проверка научного многолучевого эхолота в Каспийском море подтвердила возможность его применения для обнаружения рыб в широкой полосе обзора. Однако для повышения эффективности работы эхолота в этом режиме необходимо продолжить совершенствование алгоритмов обработки гидроакустических данных в части фильтрации гидродинамических шумов, изменения размещения подводного блока научного многолучевого эхолота путем

встраивания его в днище судна или в выдвижном киле.

Основные преимущества многолучевости и широкой полосы обзора могут быть многократно повышены при использовании соответствующих методик эхосъемок и систем постпроцессинговой обработки эхозаписей, предназначенных для научных многолучевых эхолотов. В настоящее время зарубежом такие программы и методики только проходят апробацию.

Благодарности: Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение № 14.574.21.0109 (уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) – RFMEFI57414X0109).

Acknowledgements: The study is supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Agreement No. 14.574.21.0109 (an unique identifier for Applied Scientific Researches (Project) RFMEFI57414X0109).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузнецов М.Ю. Опыт использования научного эхолота ЕК-500 для исследования распределения и количественных оценок тихоокеанских лососей в Беринговом море в летне-осенний период // Известия ТИНРО. 2004. Т. 139. С. 404-417.
2. Николаев А.В., Кузнецов М.Ю., Сыроваткин Е.В. Гидроакустические исследования тихоокеанских лососей в северной части Тихого океана // Известия ТИНРО. Владивосток. 2007. Т. 150, С. 27-47.
3. Юданов К.И. Гидроакустическая разведка рыбы. СПб.: «Судостроение», 1992. 186 с.
4. Simmonds E.J., Gerlotto F., Fernandes P.O. and MacLennan D.N. Observation and extraction of three dimensional information on fish schools. ASA Annual Conference, Berlin, June 2000.
5. Thorne R.E. Investigations into the relation between integrated echo voltage and fish density. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 1971. no. 28, P.1269-73.
6. Ehrenberg J.E. Estimation of the intensity of a filtered Poisson process and its application to acoustic assessment of marine organisms. Univ. Wash. Sea Grant Publ. WSG. 1973, no. 73-2, 135 p.
7. Foote K.G. Energy in acoustic echoes from fish aggregations. *Fisheries Research*. 1981, vol. 1, P.129-40. doi:10.1016/0165-7836(81)90015-1
8. John Summonds and David MacLennan. Fisheries Acoustics. Theory and Practice. Second Edition. 2005. p. 60.

REFERENCES

1. Kuznetsov M.Yu. Experience of use of the EK-500 scientific echo sounder for research of distribution and quantitative calculation of pacific salmons in Bering Sea in summer-autumn period. *Izvestiya TINRO [Izvestia TINRO]*. 2004, vol. 139, pp. 404-417. (In Russian)
2. Nikolaev A.V., Kuznetsov M.Y., Syrovatkin E.V. Hydroacoustic investigations of pacific salmon in the North Pacific. *Izvestiya TINRO [Izvestia TINRO]*. 2007, vol. 150, pp. 27-47. (In Russian)
3. Yudanov K.I. *Gidroakusticheskaya razvedka ryby [Hydroacoustic fish exploring]*. St. Petersburg, "Sudostroenie" Publ., 1992, 186 p. (In Russian)
4. Simmonds E.J., Gerlotto F., Fernandes P.O. and MacLennan D.N. Observation and extraction of three dimensional information on fish schools. ASA Annual Conference, Berlin, June 2000.
5. Thorne R.E. Investigations into the relation between integrated echo voltage and fish density. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 1971. no. 28, P.1269-73.
6. Ehrenberg J.E. Estimation of the intensity of a filtered Poisson process and its application to acoustic assessment of marine organisms. Univ. Wash. Sea Grant Publ. WSG. 1973, no. 73-2, 135 p.
7. Foote K.G. Energy in acoustic echoes from fish aggregations. *Fisheries Research*. 1981, vol. 1, pp. 129-40. doi:10.1016/0165-7836(81)90015-1
8. John Summonds and David MacLennan. *Fisheries Acoustics. Theory and Practice*. Second Edition. 2005. p. 60.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Гайирбег М. Абдурахманов - академик РЭА, д.б.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой биологии и биоразнообразия, Институт экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета, г. Махачкала, Россия.

Абдулгамид А. Теймуров - к.б.н., доцент кафедры биологии и биоразнообразия Института Экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета, член-корреспондент Российской экологической академии, г. Махачкала, Россия.

Алимурад А. Гаджиев - к.б.н., доцент кафедры экологии Института Экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета, член-корреспондент Российской экологической академии, г. Махачкала, Россия.

Александр Н. Долгов* - кандидат технических наук, директор – генеральный конструктор ООО КБМЭ «Вектор», ул. Менделеева, 6, г. Таганрог, Ростовская обл., 347913 Россия, e-mail: kbvector@mail.ru

Александр Н. Куценко - кандидат технических наук, с.н.с. комплексного отдела ООО КБМЭ «Вектор», г. Таганрог, Россия.

Максим А. Раскита - кандидат технических наук, с.н.с. комплексного отдела ООО КБМЭ «Вектор», г. Таганрог, Россия.

Сергей В. Третьяков - кандидат технических наук, начальник комплексного отдела ООО КБМЭ «Вектор», г. Таганрог, Россия.

Критерии авторства

Гайирбег М. Абдурахманов, Абдулгамид А. Теймуров и Алимурад А. Гаджиев собрали материал в ходе экспериментальных исследований, выполнили обработку результатов, участвовали в написании рукописи. Александр Н. Долгов обеспечил постановку задачи и проведение экспериментальных исследований, участвовал в написании рукописи, несет ответственность за плагиат; Александр Н. Куценко собрал материал в ходе экспериментальных исследований, выполнил обработку результатов, участвовал в написании рукописи; Максим А. Раскита выполнил обработку результатов, участвовал в написании рукописи; Сергей В. Третьяков собрал материал в ходе экспериментальных исследований, выполнил обработку результатов, участвовал в написании рукописи, корректировал рукопись до подачи в редакцию.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 27.08.2016

Принята в печать 19.09.2016

AUTHORS INFORMATION

Affiliations

Gayirbeg M. Abdurakhmanov - Academician of Russian Academy of Ecology, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of Russia, Head of the department of biology and biodiversity, Institute of Ecology and Sustainable Development, Dagestan State University, Makhachkala, Russia.

Abdulgamid A. Teymurov - Ph.D., Associate Professor of the department of biology and biodiversity of the Dagestan State University, Corresponding member of the Russian ecological academy, Makhachkala, Russia.

Alimurad A. Gadzhiev - Ph.D., Associate Professor of the department of ecology of the Dagestan State University, Corresponding member of the Russian ecological academy, Makhachkala, Russia.

Alexander N. Dolgov* - Vector Marine Electronics, Ltd, director-chief designer, Ph.D., Str. Mendeleev, 6, Taganrog, Rostov region., 347913 Russia, e-mail: kbvector@mail.ru

Alexander N. Kutsenko - Vector Marine Electronics, Ltd, Taganrog, Russia, senior researcher, Ph.D.

Maxim A. Raskita - Vector Marine Electronics, Ltd, Taganrog, Russia, senior researcher, Ph.D.

Sergey V. Tretyakov - Vector Marine Electronics, Ltd, Taganrog, Russia, head of department, Ph.D.

Contribution

Gayirbeg M. Abdurakhmanov, Abdulgamid A. Teymurov and Alimurad A. Gadzhiev collected the materials in the course of the pilot studies, compiled the results and participated in the writing of the manuscript. Alexander N. Dolgov was responsible for setting up a problem, conducting tests, preparing technical papers; he is also liable for piracy; Alexander N. Kutsenko took part in the field work and was responsible for data acquisition and processing of experimental results; Maxim A. Raskita was responsible for processing of experimental results and preparing technical papers; Sergey V. Tretyakov took part in the field work and was responsible for data acquisition and processing of experimental results.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 27.08.2016

Accepted for publication 19.09.2016