

УДК 639.2.081.7:681.883

**М.Ю. Кузнецов, И.А. Убарчук, В.И. Поляничко, В.И. Шевцов,
Е.В. Сыроваткин***

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

ЭЛЕКТРОННЫЙ АТЛАС ТИПОВЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ РЫБ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ РОССИИ

Разработана первая версия программных средств представления данных метаархива и библиотеки акустических изображений гидробионтов для целей их распознавания и идентификации на эхограммах по видам и размерам. Программа предназначена для отображения по заданным условиям отбора характерных (типовых) акустических изображений промысловых рыб дальневосточных морей и их описания в виде электронного атласа. Программа позволяет совершать выбор типовых акустических изображений по району (задавая координаты и/или название промыслового района), локальному времени суток, времени года и объекту (его виду и размеру). В качестве банка данных использованы накопленные с 1996 г. и содержащиеся в метаархиве эхограммы различных видов рыб Берингова, Чукотского и Охотского морей и прилегающих вод Тихого океана, сопровождаемые данными о географическом положении, времени суток, сезоне, информацией о тралении, видовом и размерном составе скопления и др. Окно атласа содержит несколько областей: «Фильтр» (ограничивает акваторию поиска эхограмм по координатам и по промысловому району, времени суток, сезону, виду и размеру рыб); «Эхограмма» (позволяет выбирать палитру эхограммы от типа используемого эхолота, показывает время записи эхограммы и дистанцию); «Параметры траления»; область списка эхограмм; область, отображающая информацию по улову; область с диаграммами размерного распределения и стадий зрелости рыб и область, где выводится сама эхограмма. Области применения атласа — тралово-акустические съемки биоресурсов дальневосточных морей и их промысел: пособие при работе с научной и рыбопоисковой гидроакустической аппаратурой.

Ключевые слова: эхограмма, вид рыбы, дальневосточные моря, промысел, база данных, метаархив, акустическое изображение, параметры отбора, идентификация, оценка запаса.

DOI: 10.26428/1606-9919-2018-193-57-67.

* Кузнецов Михаил Юрьевич, кандидат технических наук, заведующий лабораторией, e-mail: kuznetsovm@tinro.ru; Убарчук Игорь Анатольевич, ведущий инженер, e-mail: igor.ubarchuk@tinro-center.ru; Поляничко Владимир Ильич, младший научный сотрудник, e-mail: vladimir.polyanichko@tinro-center.ru; Шевцов Василий Игнатьевич, научный сотрудник, e-mail: vasilii.shevtsov@tinro-center.ru; Сыроваткин Евгений Владимирович, ведущий инженер, e-mail: evgeniy.syrovatkin@tinro-center.ru.

Kuznetsov Michail Yu., Ph.D., head of laboratory, e-mail: kuznetsovm@tinro.ru; Ubarchuk Igor A., leading engineer, e-mail: igor.ubarchuk@tinro-center.ru; Poljanichko Vladimir I., junior researcher, e-mail: vladimir.polyanichko@tinro-center.ru; Shevtsov Vasily I., researcher, e-mail: vasilii.shevtsov@tinro-center.ru; Syrovatkin Evgeny V., leading engineer, e-mail: evgeniy.syrovatkin@tinro-center.ru.

Kuznetsov M.Y., Ubarchuk I.A., Polyanichko V.I., Shevtsov V.I., Syrovatkin E.V.
Electronic atlas of typical acoustic images for commercial fish species in the Far-Eastern Seas of Russia // *Izv. TINRO*. — 2018. — Vol. 193. — P. 57–67.

The first version of the software is developed for presentation of metaarchive and library of typical acoustic images of marine organisms for their size and species identification on echograms. It displays certain typical acoustic images of commercial fishes in the Far-Eastern Seas and their descriptions as electronic atlas and allows to choose a typical acoustic image by area (using its coordinates and/or name of fishery district), time of day, season, and object (species and size). For this atlas, the echograms of different fish species from the Bering, Chukchi, Okhotsk Seas and adjacent Pacific waters accompanied with the data on location, time, and results of trawling were accumulated since 1996. The options «Filter», «Echogram parameters», «Trawling parameters», «List of echograms», «Catch», «Size composition», «Maturity», and «Echogram image» are presented on the window of this atlas. The «Filter» limits the area of echograms search by coordinates, borders of fishery district, time of day, season, species and size of fish. The «Echogram parameters» allows to select the echogram palette suitable for the type of echosounder and gives information on time and distance of the record. The atlas could be applied in trawl-acoustic surveys and for maintenance of fisheries in the Far-Eastern Seas, as well as a guide for work with scientific and fishery sonar devices.

Key words: echogram, fish species, Far-Eastern Seas, fishery, database, metadata archive, acoustic image, selection parameters, species identification, fish stock assessment.

Введение

Уровень развития гидроакустической техники и программных средств создает в настоящее время возможности их практического использования как средства не только поиска скоплений рыбы и оценки их плотности, но и распознавания регистрируемых эхолотом объектов. По эхограмме опытный штурман экспертно определяет промысловую значимость обнаруженных агрегаций (возможный улов), а по характеру эхозаписи — вид объекта и размерную структуру скопления. Неправильная идентификация объекта на эхограмме может стать причиной неэффективного траления и, соответственно, нецелесообразного использования промыслового времени, а зачастую наносит прямой ущерб пополнению вида (например, постановка трала на скопление молоди).

То же касается эксплуатации научных и промысловых эхолотов при проведении ресурсных исследований. При траловой съемке трудности в идентификации того или иного вида рыб на эхограммах, где присутствуют другие гидробионты, могут стать причиной неверного определения высоты и протяженности слоя обитания исследуемого объекта (коэффициента объемности) и источником погрешности оценки его запаса.

Основным предметом манипулирования при обработке данных акустических съёмок являются эхозаписи (эхограммы), отображаемые на экране компьютера. Задача идентификации акустического изображения решается с помощью траловых станций. Однако при рассредоточенном положении объектов по слоям глубины эта информация не всегда считается достоверной (Кузнецов, Убарчук, 2013). Корректное распознавание акустических изображений гидробионтов на эхограммах является одной из важнейших процедур при их обработке, в частности локализации скоплений одного вида и размера и присвоения выделенным областям соответствующих размерно-видовых ключей, по которым впоследствии рассчитываются численность и биомасса рыб на акватории съемки (стратификации района работ) (Кузнецов, 2013).

Целью работы является развитие методов видовой идентификации и распознавания гидробионтов на эхограммах, а именно разработка программных средств представления по заданным условиям отбора типовых акустических изображений различных объектов ресурсных исследований и промысла дальневосточных морей и их описания в виде электронного атласа.

Материалы и методы

Ранее на основе материалов, хранящихся на сервере лаборатории и в интегрированной базе данных, нами сформирован метаархив акустических изображений

основных промысловых объектов бассейна Охотского, Чукотского и Берингова морей (Кузнецов, Убарчук, 2013). Для пополнения были разработаны дополнительные программные средства FAMAS_DB и BView выборки из интегрированной базы исходных данных и соответствующих гидроакустических фрагментов эхограмм по заданным параметрам, вторичной обработки информации и хранения описаний (рис. 1).

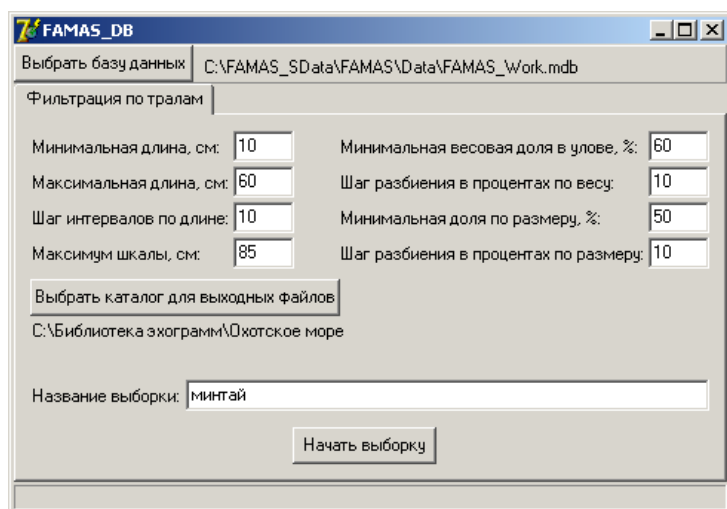


Рис. 1. Окно программы FAMAS_DB

Fig. 1. Window of FAMAS_DB program

Данные в метаархиве по заданным параметрам (условиям отбора) из общего массива акустических и сопутствующих данных (биологических, навигационных, промысловых) сортируются в соответствующие папки по морям, по доле содержания основного объекта в улове, по размеру и доле объекта в пределах размерной группы, сезону и времени суток. В настоящее время архив метаданных (метаархив) содержит свыше 4500 фрагментов акустических изображений (эхограмм) минтая, сельди, сардины, скумбрии, мойвы, сайки и др., сопровождаемых информацией о размерном и видовом составе скоплений, стадии зрелости, сезоне, районе работ, параметрах траления, батиметрии, времени суток, и регулярно пополняется.

Из метаархива отбирались типичные, устойчиво повторяющиеся фрагменты эхограмм, которые совместно с диаграммой размерного распределения и стадии зрелости рыб, данными о районе работ, времени суток, параметрах траления и географического положения эхограммы составили постоянно пополняемую библиотеку характерных (типовых) акустических изображений промысловых рыб дальневосточных морей России и прилегающих тихоокеанских вод.

Результаты и их обсуждение

Разработана первая версия программы представления данных метаархива и библиотеки характерных акустических изображений объектов дальневосточных морей — EchoArchive. Программа написана в программной среде Delphi и работает на персональном компьютере с операционной системой Microsoft Windows. Предназначена для отображения по заданным критериям предварительно отобранных гидроакустических фрагментов эхограмм и их описания. В качестве банка данных при проведении процедуры отбора использованы накопленные с 1996 г. и содержащиеся в метаархиве и в библиотеке характерные (устойчиво повторяющиеся) акустические изображения различных видов рыб Берингова, Чукотского и Охотского морей и прилегающих вод Тихого океана.

С использованием разработанных программных средств сформирован электронный атлас типовых акустических изображений массовых промысловых видов рыб дальневосточных морей России (рис. 2). Каждое акустическое изображение в атласе

сопровождается данными о географическом положении, времени суток, сезоне, информацией о тралении, видовом составе улова с диаграммами размерного распределения, стадий зрелости рыб и др. Банк типовых акустических изображений регулярно пополняется новыми данными.

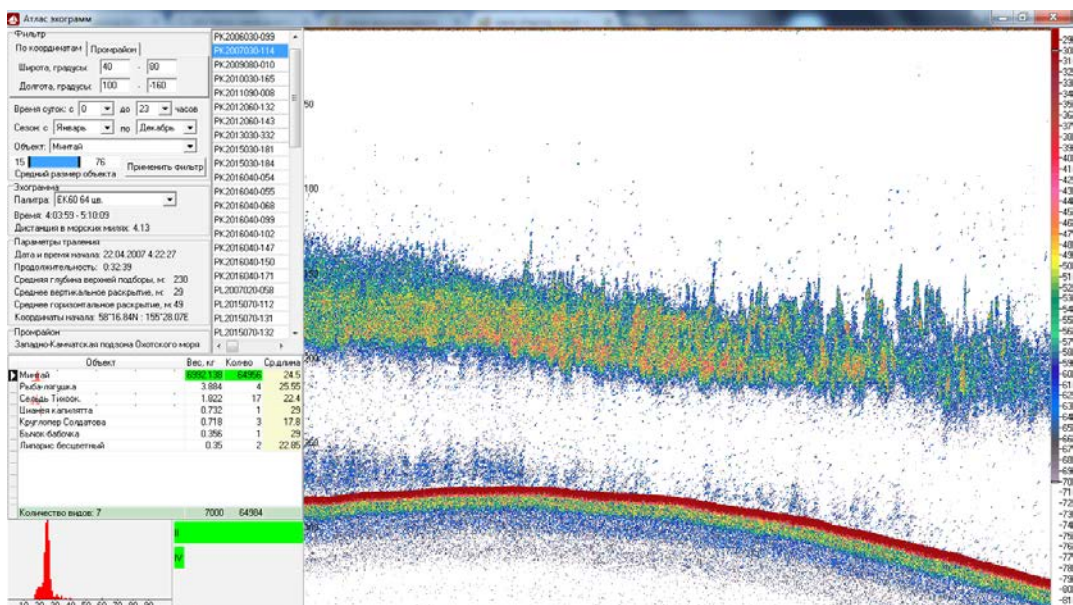


Рис. 2. Окно представления данных в атласе типовых акустических изображений рыб
Fig. 2. Data representation window in the atlas of typical acoustic images of fishes

Программное обеспечение позволяет совершать выбор типовых акустических изображений по району (задавая координаты и/или название промыслового района), локальному времени суток, времени года и объекту (его виду и размеру). В результате можно воспроизводить на экране компьютера акустические изображения (фрагменты эхограмм) не только различных видов рыб, но и характерные для рыб различного размерного состава и в соответствии с их сезонными (физиологическими), суточными и районными особенностями образования скоплений и поведения, например акустические изображения, соответствующие скоплениям молоди, созревающих и половозрелых рыб (по размеру и стадии зрелости) или преднерестовых, нерестовых и нагульных рыб (по сезону) и др. Раскраску (палитру) отображаемых акустических изображений и диапазон раскраски (пороги) можно менять для лучшего соответствия эхограмме используемого на судне эхолота.

Окно атласа содержит несколько областей: «Фильтр»; «Эхограмма»; «Параметры траления»; область списка эхограмм; область, отображающая улов; область с диаграммами размерного состава и зрелости рыб (рис. 3) и область, где выводится сама эхограмма (см. рис. 2).

Область «Фильтр» содержит в себе две вкладки, позволяющие производить отбор эхограмм по вышеприведенным критериям. Вкладка «по координатам» ограничивает акваторию поиска эхограмм по долготе и широте, при этом минусовые значения координат по широте соответствуют южному полушарию, а по долготе — западному полушарию. Если фильтр выбран по вкладке «Промрайон», то программа ограничивает место записи эхограмм по промысловому району (рис. 4).

В меню области «Фильтр» также выбираются (см. рис. 3):

— «Время суток» — время начала траления (записи эхограммы);

— «Сезон» — выбор времени года, в котором проводилось траление (запись эхограммы). Акустические изображения одного и того же вида рыбы различаются в зависимости от сезона наблюдения. Так, например, весной скопления минтая состоят из преднерестовых, нерестящихся и отнерестившихся особей, которые держатся во

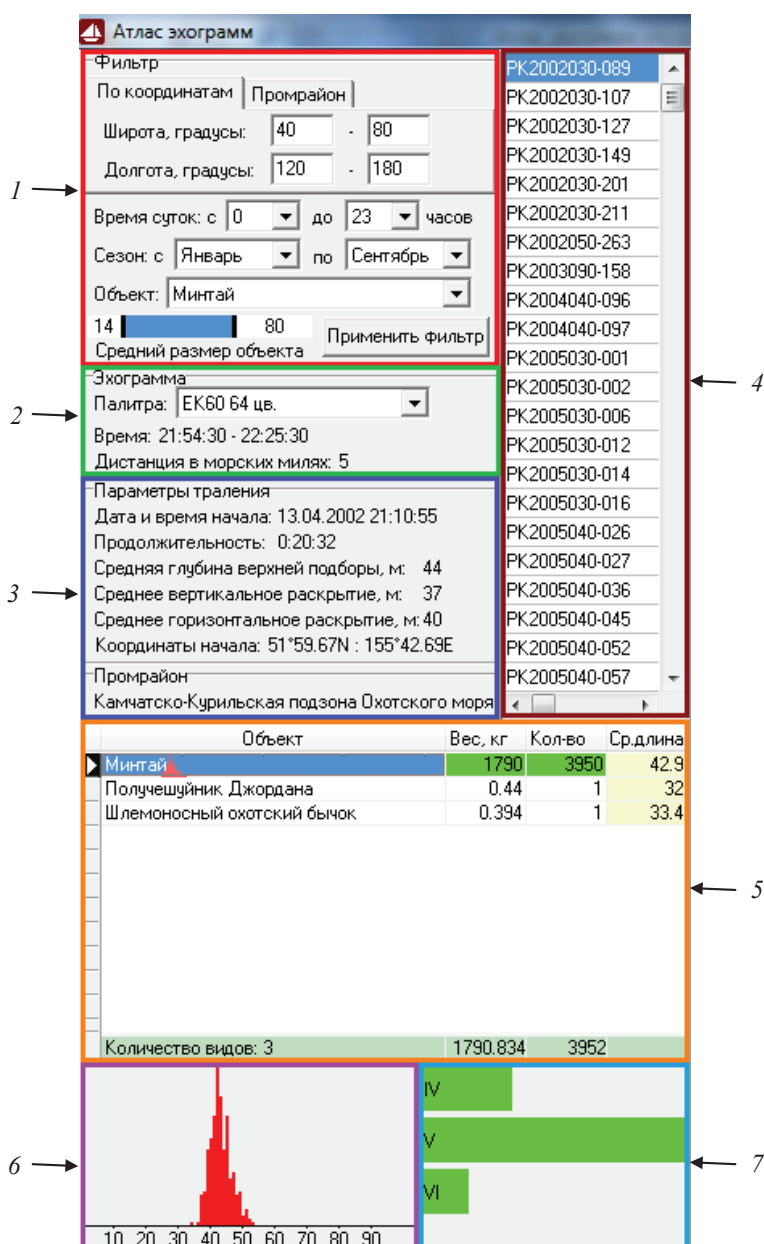


Рис. 3. Панель настройки атласа: 1 — фильтр; 2 — параметры эхограммы; 3 — параметры траления; 4 — список эхограмм; 5 — состав улова; 6 — гистограмма размерного ряда рыбы; 7 — стадии зрелости гонад особей

Fig. 3. Control panel of the atlas: 1 — filter; 2 — echogram parameters; 3 — trawl date; 4 — list of echograms; 5 — catch; 6 — size composition; 7 — maturity

всей толще воды и у дна. В осеннее время минтай представлен нагульными особями, которые держатся преимущественно в верхнем прогретом слое воды (рис. 5);

— «Объект» — выбор объекта исследования (промысла). На данный момент список объектов, по которым есть данные (биологические параметры рыбы, акустические изображения, параметры траления) состоит из 6 видов: минтай *Theragra chalcogramma*, мойва *Mallotus villosus*, сайка *Boreogadus saida*, тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii*, дальневосточная сардина *Sardinops melanostictus* и японская скумбрия *Scomber japonicus*. В дальнейшем, по мере поступления информации, список объектов будет пополняться;

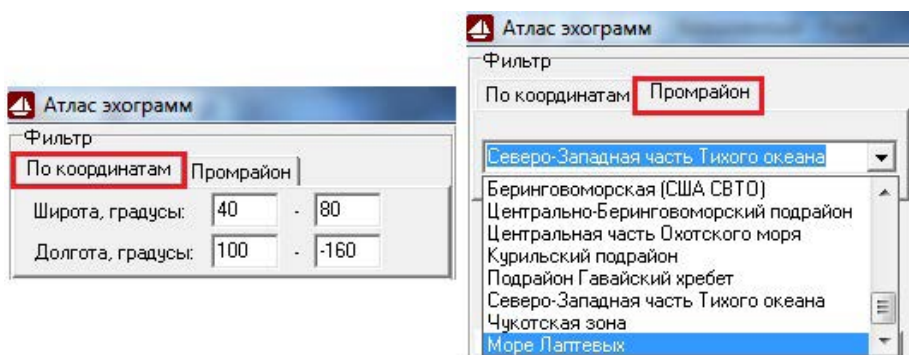


Рис. 4. Область поиска эхограмм по координатам и/или по промысловому району
Fig. 4. Searching of echograms by coordinates and/or fishery district

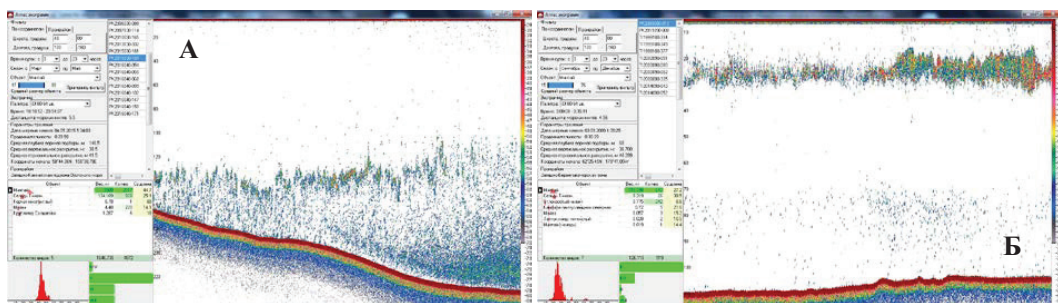


Рис. 5. Пример акустического изображения минтая в разное время года: А — весна; Б — осень
Fig. 5. Examples of acoustic image for walleye pollock, by seasons: А — spring; Б — autumn

— «Средний размер объекта» — с помощью регулируемой шкалы задается интересующий нас диапазон размерного состава объекта исследования (промысла) в сантиметрах.

После задания всех нужных фильтров в колонке справа (см. рис. 3, поле 4) будут находиться эхограммы, удовлетворяющие заданным параметрам.

Область «Эхограмма» (рис. 3, поле 2) содержит в себе параметры эхограммы:

— «Палитра» — параметр, позволяющий выбрать цветовой режим эхограммы. Данный параметр зависит от типа используемого эхолота (рис. 6, 7). По умолчанию используется шкала научного эхолота EK-60 Simrad;

— «Время» — показывает промежуток времени записи эхограммы;

— «Дистанция в морских милях» — расстояние, которое охватывает эхограмма по оси X.

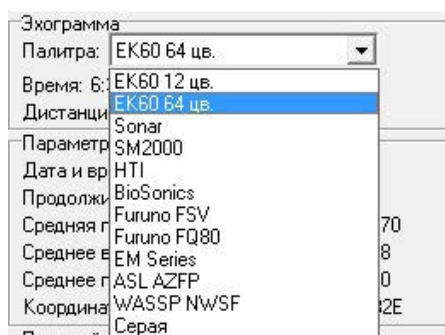


Рис. 6. Выбор палитры акустических изображений в атласе
Fig. 6. Selecting a palette of acoustic images

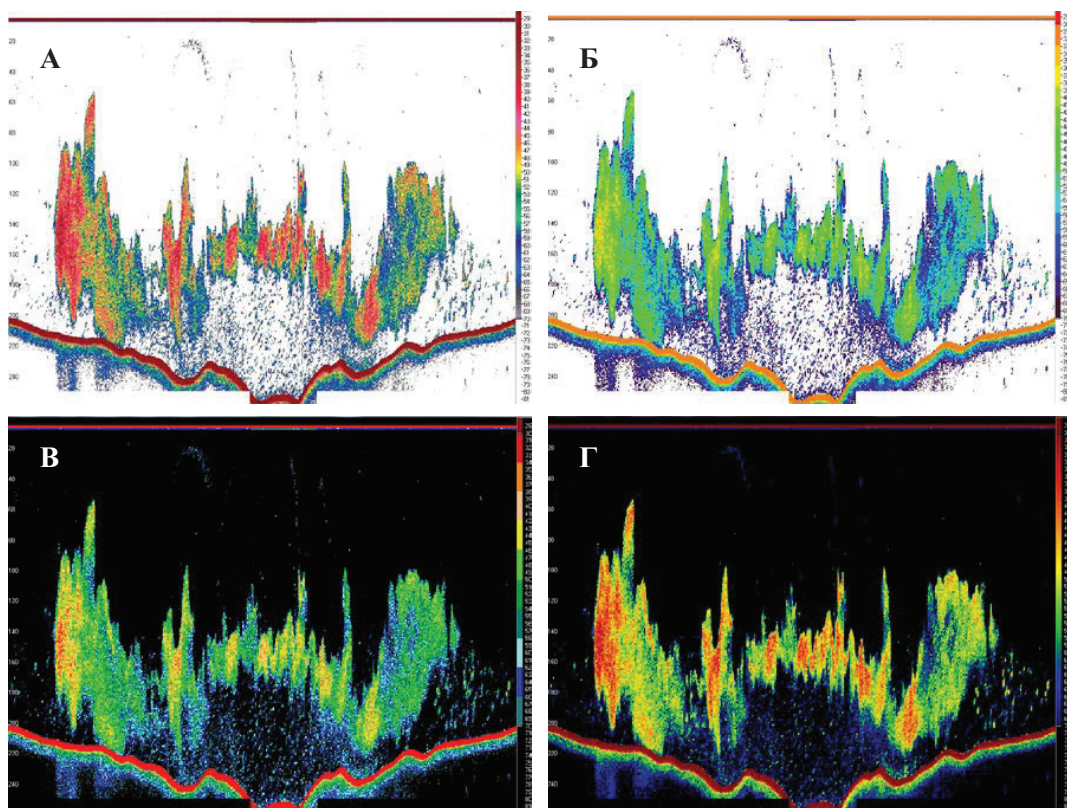


Рис. 7. Пример акустического изображения минтая в разной цветовой палитре в зависимости от модели эхолота: А — EK-60; Б — BioSonics; В — Furuno FQ80; Г — SM2000

Fig. 7. Examples of acoustic image for walleye pollock with different color palette, depending on model of echo sounder: А — EK-60; Б — BioSonics; В — Furuno FQ80; Г — SM2000

Область «Параметры траления» содержит в себе (см. рис. 3, поле 3):

- дату и время начала записи эхограммы;
- продолжительность записи эхограммы;
- среднюю глубину верхней подборы трала;
- среднее вертикальное раскрытие трала;
- среднее горизонтальное раскрытие трала;
- координаты начала траления и записи эхограммы.

Область списка эхограмм содержит список эхограмм, доступных для просмотра после применения фильтра (рис. 3, поле 4). Для выбора эхограммы необходимо кликнуть по номеру эхограммы.

Область, отображающая информацию по улову, делится на три поля (рис. 3, поля 5, 6, 7). В поле 5 на рис. 3 отображается вид, масса, количество и средний размер рыб в трале. Поле в левом нижнем углу показывает процентное содержание особей объекта, выбранного из списка улова, относительно их размера с шагом 1 см в виде гистограммы (рис. 3, поле 6). По шкале X — длина рыбы в сантиметрах, по шкале Y — относительная доля рыб соответствующего размера в улове. В правой нижней части панели настройки программы находится поле (рис. 3, поле 7), в котором отображена информация по стадиям зрелости гонад объекта исследования (промысла).

Область эхограммы воспроизводит саму эхограмму (рис. 8), выбранную из списка эхограмм (см. рис. 3, поле 4). В левой части эхограммы показывается глубина, в правой части — шкала градации коэффициента обратного объемного рассеяния. На шкале можно менять пороги и градации раскраски эхограммы.

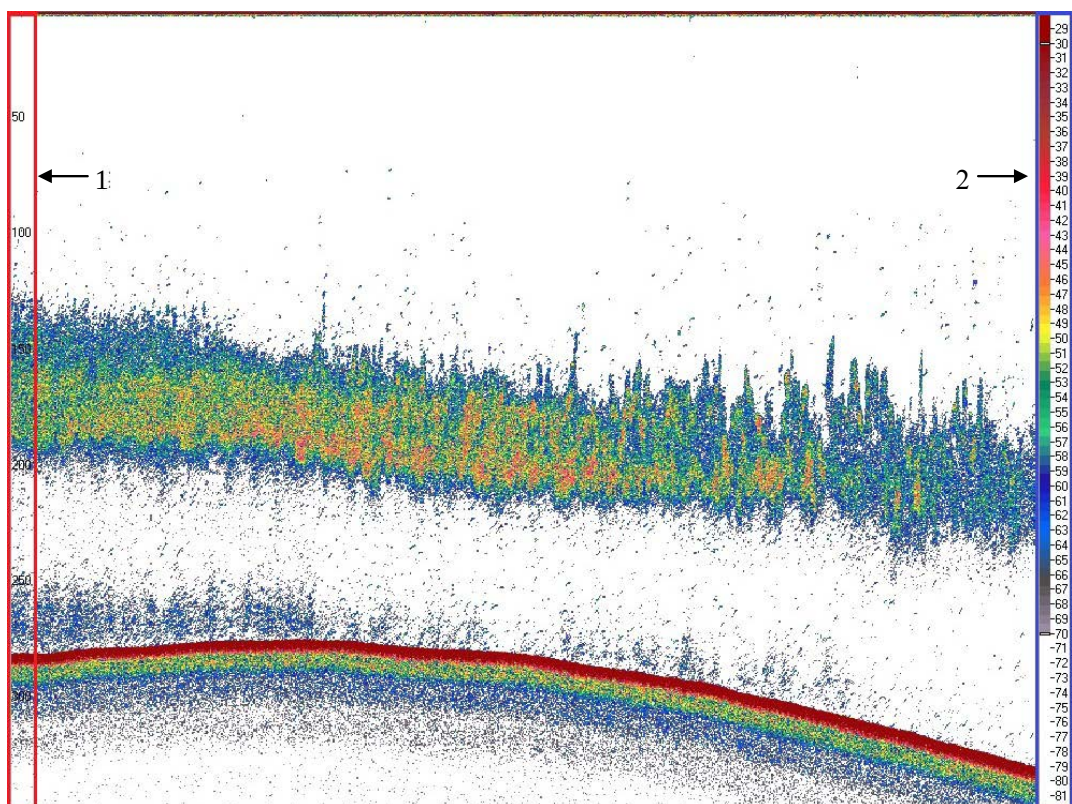


Рис. 8. Область эхограммы: 1 — шкала глубины, м; 2 — шкала градации коэффициента обратного объемного рассеяния S_v , дБ

Fig. 8. Echogram field: 1 — scale of depth, m; 2 — scale of the volume backscatter coefficient (S_v), dB

На рис. 9–15 приведены примеры содержащихся в атласе типовых акустических изображений некоторых видов рыб и их описания.

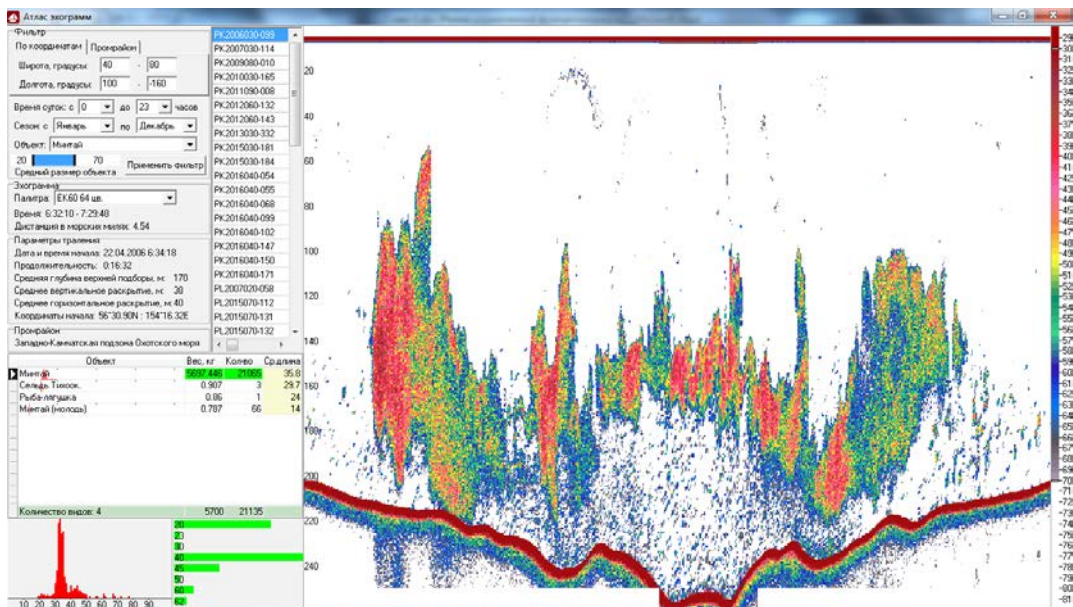


Рис. 9. Пример акустического изображения минтая (Охотское море, западная Камчатка)
Fig. 9. Example of acoustic image for walleye pollock (Okhotsk Sea at west Kamchatka)

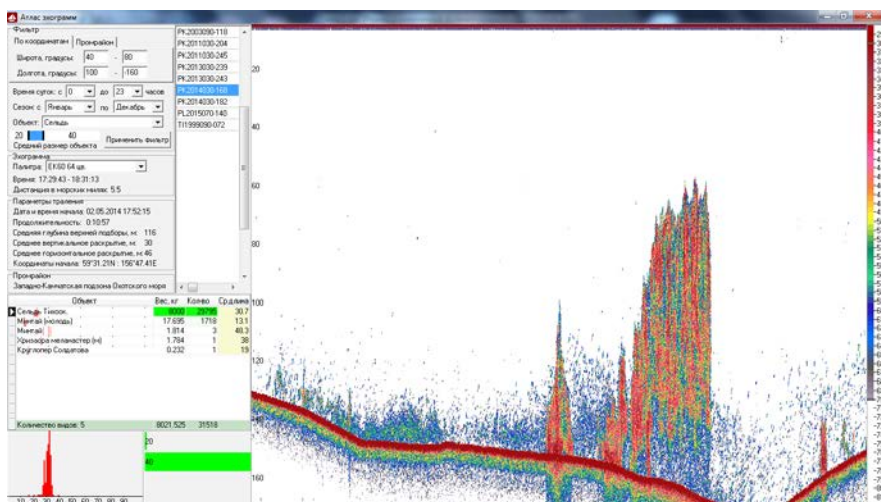


Рис. 10. Пример акустического изображения тихоокеанской сельди (Охотское море, зал. Шелихова)

Fig. 10. Example of acoustic image for pacific herring (Okhotsk Sea, Shelikhov Bay)

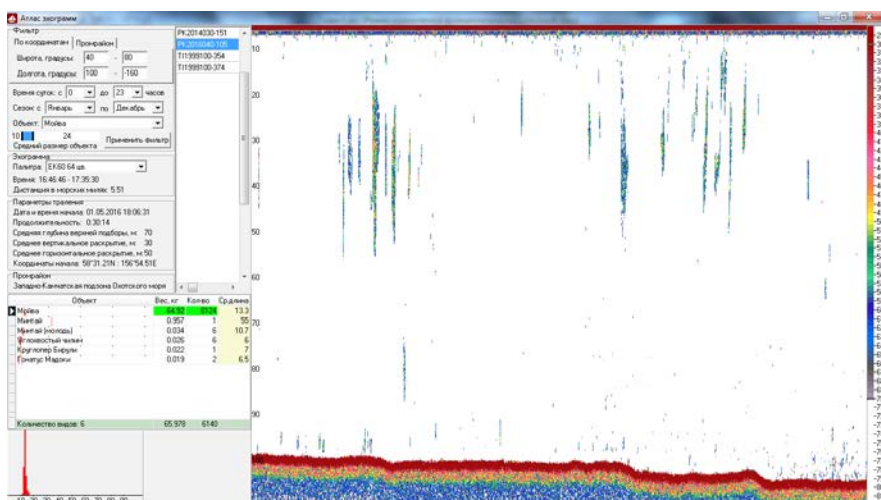


Рис. 11. Пример акустического изображения мойвы (Охотское море, западная Камчатка)

Fig. 11. Example of acoustic image for capelin (Okhotsk Sea at west Kamchatka)

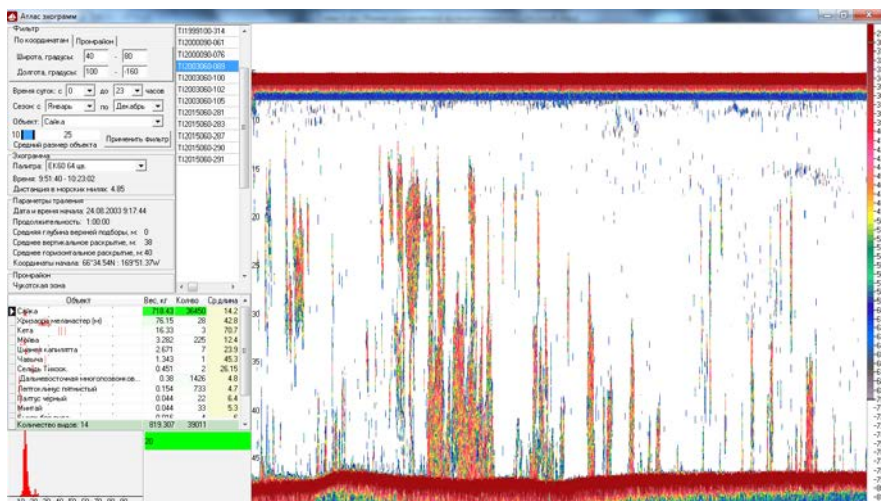


Рис. 12. Пример акустического изображения сайки (Чукотское море)

Fig. 12. Example of acoustic image for arctic cod (Chukchi Sea)

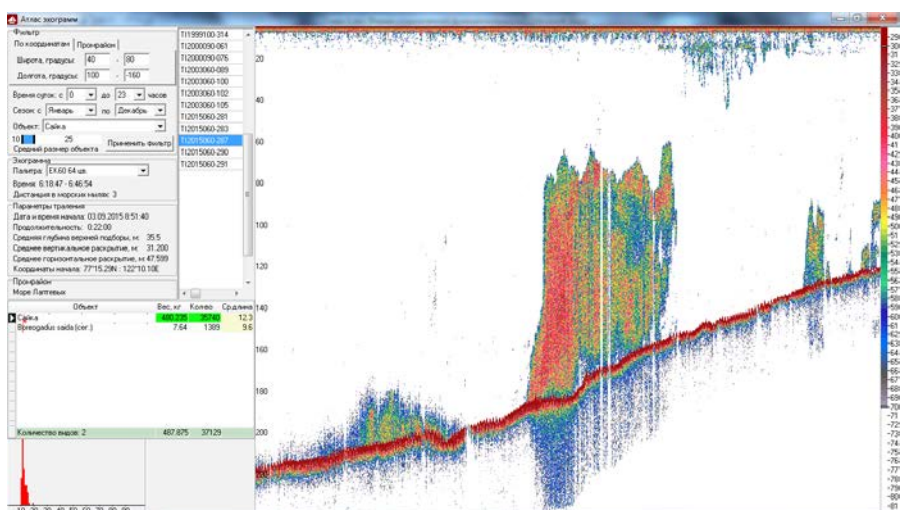


Рис. 13. Пример акустического изображения сайки (море Лаптевых)
Fig. 13. Example of acoustic image for arctic cod (Laptev Sea)

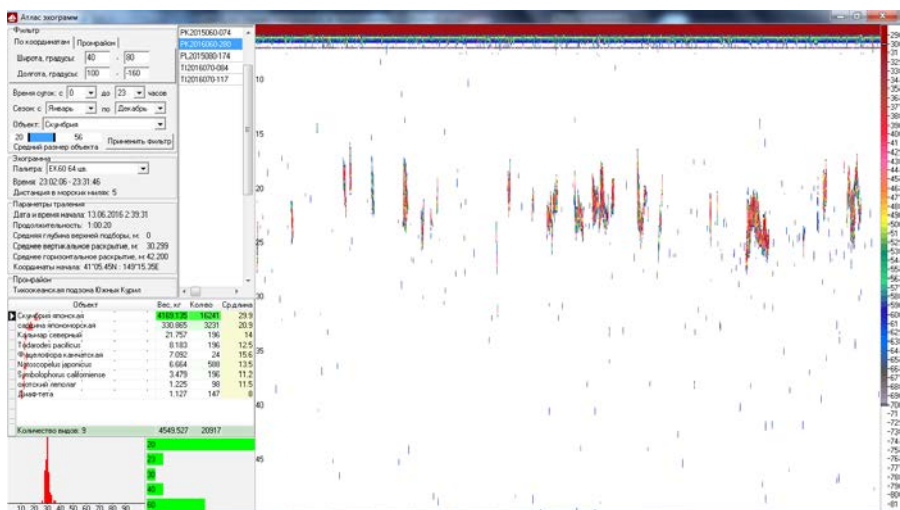


Рис. 14. Пример акустического изображения японской скумбрии (СЗТО)
Fig. 14. Example of acoustic image for chub mackerel (North-West Pacific)

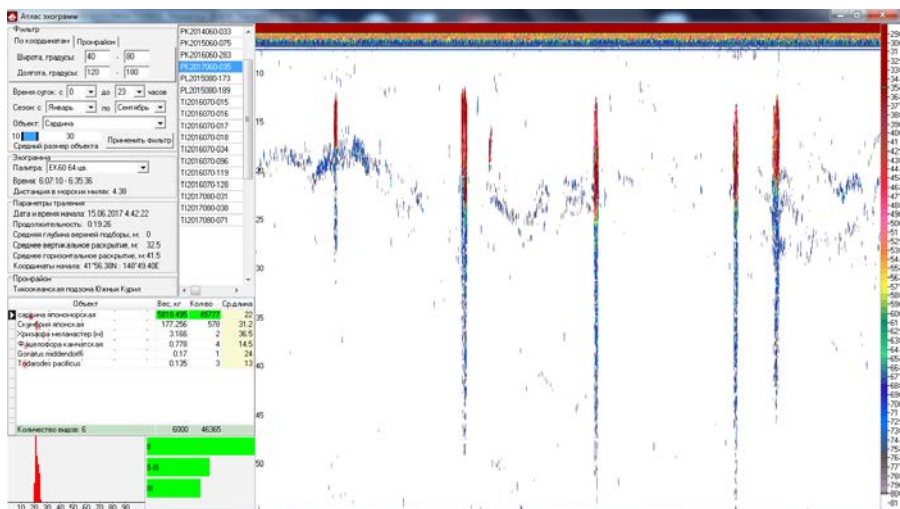


Рис. 15. Пример акустического изображения дальневосточной сардины (СЗТО)
Fig. 15. Example of acoustic image for japanese sardine (North-West Pacific)

Выводы

Разработана программа, которая позволяет производить отбор (по различным критериям) и отображать в виде электронного атласа типовые акустические изображения различных видов рыб и всю сопутствующую информацию (биологическую, картографическую, промысловую) в любом из обследованных районов Северной Пацифики.

Использование атласа создает дополнительные возможности для повышения качества распознавания (идентификации) гидробионтов на эхограммах и связанной с этим оперативности и достоверности оценок запасов и эффективности их промысла с использованием гидроакустических средств наблюдений.

Атлас будет полезен как для научных работников, использующих при проведении комплексных съемок биоресурсов научные эхолоты, так и штурманам промыслового флота в качестве пособия при работе с рыбопоисковой гидроакустической аппаратурой.

Программное обеспечение атласа постоянно совершенствуется, а банк акустических изображений регулярно пополняется новыми данными. Планируется введение ряда новых функций в настройках программы. Одной из функций будет оценка промысловой значимости каждого акустического изображения взамен информации о параметрах и улове учетного трала, поскольку на промысле могут использоваться другие тралы. Новая функция позволит рассчитывать возможный улов посредством задания в программе геометрических параметров (раскрытия) трала и/или типа используемого трала, горизонта траления и сквозного коэффициента уловистости (Кузнецов и др., 2017).

Список литературы

Кузнецов М.Ю. Гидроакустические методы и средства оценки запасов рыб и их промысла. Часть 1. Гидроакустические средства и технологии их использования при проведении биоресурсных исследований ТИНРО-центра // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 172. — С. 20–51.

Кузнецов М.Ю., Поляничко В.И., Убарчук И.А., Сыроваткин Е.В. Влияние гидроакустического шума судна на эхоинтеграционные оценки запасов рыб и уловистость учетного трала (на примере минтая Охотского моря) // Изв. ТИНРО. — 2017. — Т. 190. — С. 85–100. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-190-85-100.

Кузнецов М.Ю., Убарчук И.А. Формирование библиотеки типовых акустических изображений рыб Охотского и Берингова морей (структура и процедура пополнения) // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 175. — С. 182–193.

Поступила в редакцию 12.03.18 г.

Принята в печать 12.04.18 г.