

Программный комплекс для визуализации, многовидовой обработки и хранения данных гидроакустических ресурсных съёмки

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

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«ТИНРО»), г. Владивосток

E-mail: mikhail.kuznetsov@tinro-center.ru

Представлено описание программного комплекса для исследования распределения и оценки водных биоресурсов гидроакустическим эхоинтеграционным методом. Комплекс обеспечивает визуализацию акустических изображений (эхогрэм) с различным масштабированием зондируемого пространства и выделением областей (слоёв). Использует гидроакустические, биологические, навигационные и другие данные, находящиеся в интегрированной базе данных, и отображает их посредством отдельных окон (модулей), являющихся составными частями его интерфейса. Комплекс позволяет загрузить и отобразить одновременно несколько файлов эхограмм с отметками лага и результатами интегрирования, слои (в т. ч. слой траления), границы страт, видовой состав объектов в пределах выбранного слоя и страты, гистограммы по силе цели одиночных рассеивателей в выбранном слое, гистограммы по длине, пересчитанной из силы цели для нескольких видов рыб и другие данные. Это даёт возможность сконцентрировать на рабочем столе всю информацию, необходимую для качественного анализа и многовидовой обработки эхограмм в реальном масштабе времени. Программный комплекс рассчитывает и сохраняет в табличном виде значения плотности, численности и биомассы рыб и их распределения с заданным шагом по статистическим квадратам, по видам, по размерным рядам, по глубине и т. д. В настоящее время комплекс используется в практике эхоинтеграционных тралово-акустических съёмок ТИНРО и планируется его дальнейшая модернизация.

Ключевые слова: гидроакустический метод, оценка биоресурсов, научный эхолот, эхограмма, сила цели, программное обеспечение, интерфейс, база данных, численность, биомасса.

ВВЕДЕНИЕ

Гидроакустический эхоинтеграционный метод исследования пространственного распределения и запасов гидробионтов широко распространён в настоящее время. Он имеет преимущества по сравнению с другими инструментальными методами оценки биоресурсов в части скорости и непрерывности обзора водной среды, а также позволяет дистанционно измерять с высоким разрешением вертикальное распределение гидробионтов.

Основой технологии гидроакустической оценки запасов являются измерение силы обратного поверхностного рассеяния от скопления гидробионтов в пределах выбранного слоя и расчёт их численности по известной отражательной способности (силе цели) рыб, поддерживаемые биологическими измерениями [Кузнецов, 2013].

Используемые для этих целей регистрирующие устройства должны обладать важной функ-

цией передачи «сырых» гидроакустических данных в оцифрованном виде через Ethernet интерфейс и сохранения в файлах формата Simrad RAW или HAC на жёсткий диск компьютера [McQuinn et al., 2005]. Таким образом, поддерживается возможность накопления гидроакустических измерений и их последующей обработки.

Наличие эффективных систем первичной и тематической обработки данных гидроакустических измерений с использованием современных компьютерных технологий является важной составной частью информационной поддержки гидроакустического мониторинга биоресурсов и среды их обитания. Главное их назначение – воспроизведение эхограмм и их обработка с расчётом численности и биомассы рыб методом эхоинтегрирования или эхосчётом. Все остальные загружаемые опции и данные съёмки призваны повысить точность, качество и удобство этого процесса, тем самым уменьшить субъективную погрешность оператора.

Целью данной работы является развитие программных средств визуализации и постпроцессинговой обработки гидроакустических и сопутствующих измерений, используемых при проведении биоресурсных исследований ТИНРО.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

ТИНРО выполняет тралово-акустические съёмки на значительной акватории северо-западной части Тихого океана, включая Чукотское, Берингово и Охотское моря и прилегающие воды Камчатки и Курильских о-вов. Установленный на судах гидроакустический измерительный комплекс включает в себя научный эхолот EK60 Simrad с прецизионными характеристиками, использующий метод расщепленного луча для оценки сил целей и эхоинтегратор для оценки плотности скоплений (рис. 1). Эхолот содержит вертикально направленные антенны-вибраторы с расщеплённым лучом частотой 38 и 120 кГц, размещённые под килем судна, и GPT приемопередатчики, которые генерируют и принимают отражённый сигнал от каждого из квадрантов антенны, а также осуществляют оцифровку сигнала. Работой GPT управляет процессорный блок с размещёнными на нём программами накопления «сырых» гидроакустических данных и связи с внешними вычислительными устройствами. Навигационное сопровождение комплекса осуществляется с использованием системы спутникового позиционирования GPS.

Для просмотра (визуализации) и интерпретации акустических данных в мировой практике съёмок используются различные специализированные системы постобработки, такие как EP500, BI500, LSSS, Sonar 4, 5 (Норвегия), EchoView (Ав-

стралия). Эхосигналы, принятые эхолотом и сохранённые в файлах известного формата, отображаются указанными программными средствами в виде эхограмм и являются предметом манипулирования, пороговой и структурной декомпозиции, удаления шума и проверки наличия ошибок измерений.

ТИНРО развивает собственное алгоритмическое и программное обеспечение информационной системы накопления и обработки акустических данных. Разработанный в течение ряда лет программный комплекс обеспечивает выполнение следующих основных функций:

1) визуализацию акустических измерений с различным масштабированием и выделением слоёв;

2) вторичную обработку и анализ акустических изображений (эхограмм) с целью получения абсолютных оценок обилия и пространственного распределения гидробионтов;

3) ведение интегрированной базы данных акустических и биологических измерений, задействованных в расчётах численности и биомассы рыб.

В основе его работы лежит эхоинтеграционный анализ эхограмм [Simmonds, MacLennan, 2005]. Общая алгоритмическая схема расчётов, реализуемая комплексом, представлена на рис. 2.

Дополнительные опции и усовершенствованные модули программного комплекса призваны облегчить работу оператора и повысить точность и оперативность вторичной обработки гидроакустической информации при проведении съёмки. Комплекс использует гидроакустические, биологические, навигационные, траловые данные съёмки, находящиеся в интегрированной базе данных, и отображает их посредством отдельных окон (модулей), являющихся составными частями его интерфейса. С его помощью можно просматривать хранящиеся на сервере лаборатории эхограммы и соответствующую им биологическую информацию любого из научно-исследовательских и научно-промысловых рейсов ТИНРО, в ходе которых выполнялась регистрация акустических и биологических данных.

Как правило, оператор интерпретирует акустические и навигационные данные, вводя слои и оконтуривая скопления рыб на эхограмме по лагу и глубине, удаляя помехи и компенсируя потери эхосигнала, вызванные качкой и акустической мёртвой зоной эхолота. Дополнительное ис-

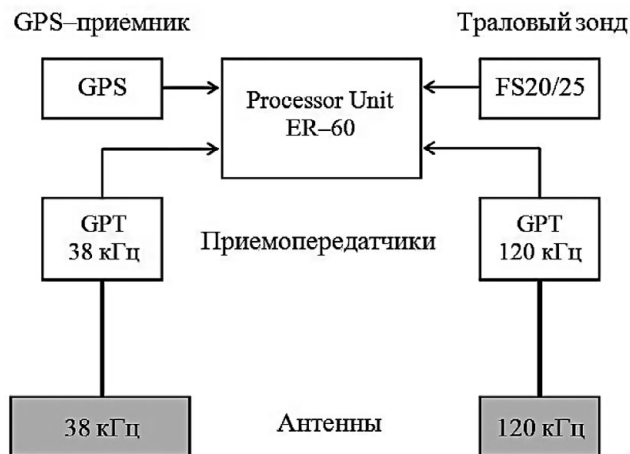


Рис. 1. Гидроакустическая измерительная система

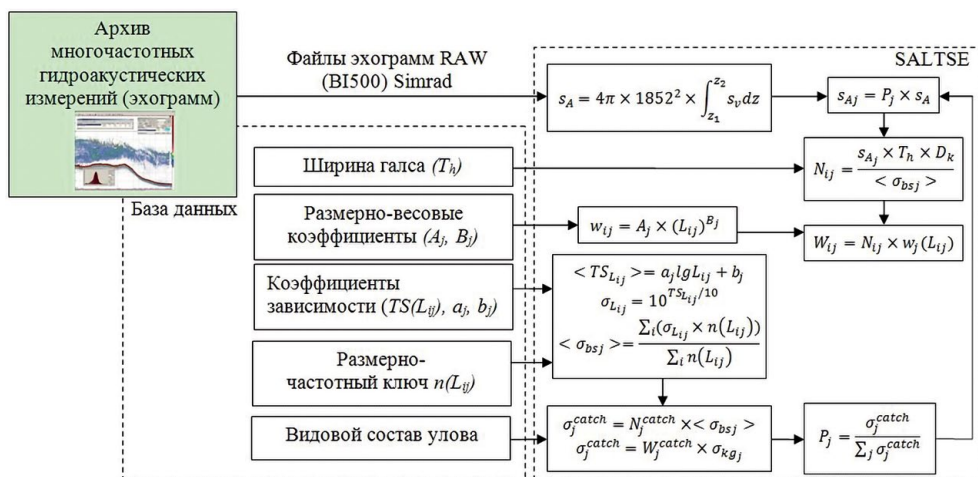


Рис. 2. Алгоритмическая схема расчётов:

i – индекс длины объекта; j – индекс вида объекта; s_A – коэффициент обратного поверхностного рассеяния на квадратную морскую милю ($m^2/миля^2$) [MacLennan et al., 2002]; s_v – объемный коэффициент обратного рассеяния (m^{-1}); z_1 и z_2 – верхняя и нижняя границы слоя интегрирования; L_{ij} – зоологическая длина объекта (см); $\langle TS_{L_{ij}} \rangle$ – среднее значение силы цели объекта (дБ); a_j, b_j – коэффициенты для расчёта $TS(L_{ij})$; $n(L_{ij})$ – количество особей i -й длины, j -го вида в улове (экз.); $\sigma_{L_{ij}}$ – поперечное сечение обратного рассеяния (m^2); $\langle \sigma_{bsj} \rangle$ – среднее значение поперечного сечения обратного рассеяния единичного объекта (m^2); σ_j^{catch} – суммарное поперечное сечение обратного рассеяния по улову (m^2); σ_{kgj} – среднее значение поперечного сечения обратного рассеяния 1 кг рыбы (m^2); N_j^{catch}, W_j^{catch} – численность и биомасса рыб по улову (экз., кг); D_k – длина интервала интегрирования (миля); P_j – пропорция по σ в улове; w_{ij} – вес рыбы i -й длины, j -го вида (кг); N_{ij}^j, W_{ij}^j – численность и биомасса рыб, пересчитанная на площадь района исследований (экз., кг)

пользование данных биологических измерений и библиотеки характерных акустических изображений рыб позволяет выделить эхограммы, принадлежащие различным видам и размерным группам рассеивателей, и присвоить им соответствующие размерно-видовые ключи для расчёта численности и биомассы.

Материалы, полученные в ходе съёмок в виде акустических изображений (RAW-файлов), файлов вторичной обработки, сопутствующих измерений и др. сохраняются в соответствующих названию съёмки архивах, а также в интегрированной базе данных акустических и биологических измерений на сервере лаборатории промышленной гидроакустики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Программный комплекс ТИНРО состоит из двух основных элементов: программы «SALTSE» и интегрированной базы данных в среде Access и нескольких вспомогательных программ: «Sumfiles», «TxtConvert», «Sounder» и «BIFiles».

Программа «SALTSE» [Убарчук, Ермольчев, 2015] – предназначена для визуализации и многовидовой обработки гидроакустических данных. Программа выполняет интерактивную обработку накопленных RAW-файлов данных, позво-

ляет загрузить и отобразить на экране монитора одновременно несколько файлов эхограмм, выделять на эхограмме области (слои) для обработки, отображать гистограммы по силе цели для выделенных одиночных целей в выбранном слое, гистограммы по длине, пересчитанной из силы цели одновременно для нескольких объектов. Программа рассчитывает и сохраняет в форматах, пригодных для дальнейшей обработки (программами электронных таблиц и др.) значения коэффициента обратного поверхностного рассеяния s_A , численности и биомассы рыб и их распределения с заданным шагом по статистическим квадратам, по размерным рядам, по глубине и т. д.

Для более подробного представления о работе и возможностях программы «SALTSE» рассмотрим её пользовательский интерфейс, состоящий из собственно эхограммы, основного меню с настройками отображения эхограмм, панели управления («быстрые клавиши») и окон (модулей), в которых отображаются информация по объекту исследования и другие данные (рис. 3).

Главное окно программы отображает акустическое изображение (эхограмму), соответствующую загруженному файлу (рис. 4). В левой части эхограммы расположена шкала глубин в метрах.

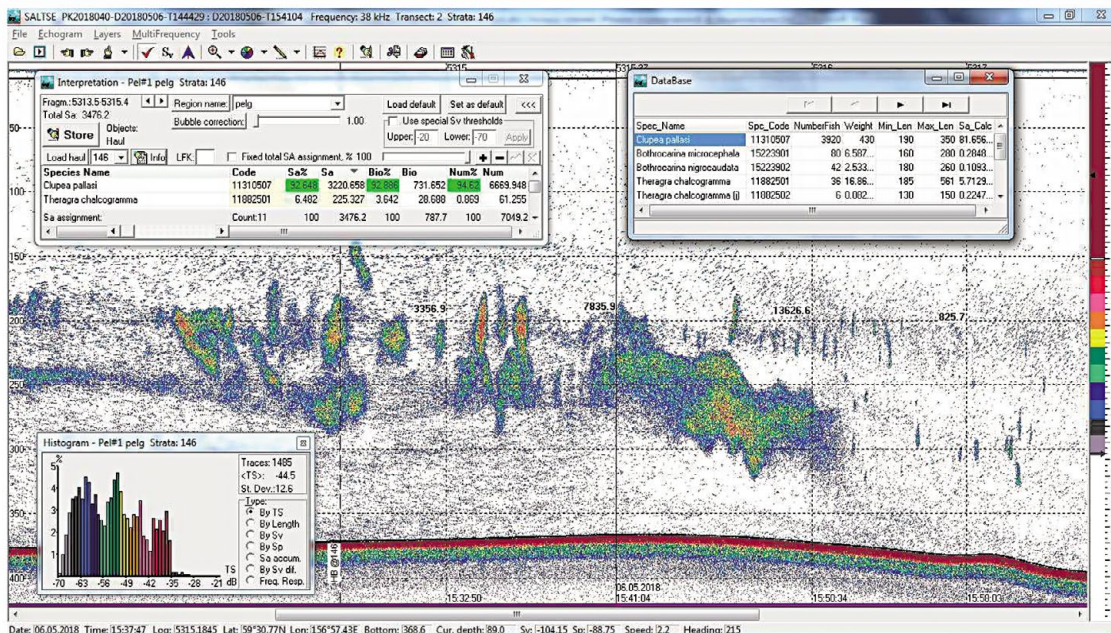


Рис. 3. Интерфейс программы «SALTSE»

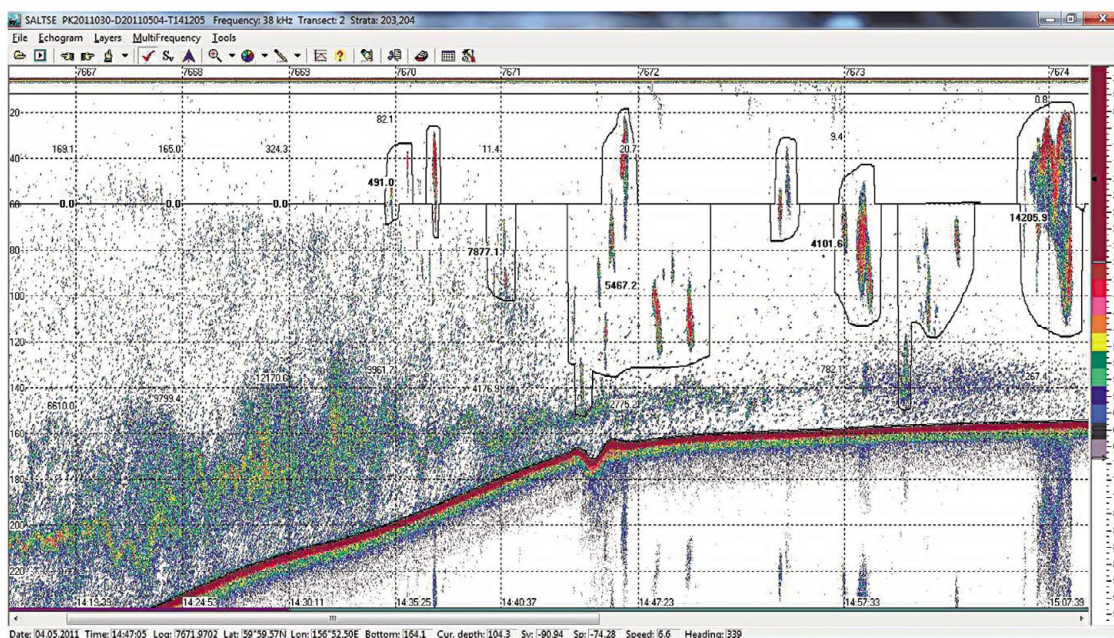


Рис. 4. Окно эхограммы

На правой стороне расположена шкала раскраски эхограммы. Также на этой шкале в виде чёрных треугольников отображаются пороги интегрирования. В настройках пороги интегрирования могут быть привязаны к порогам шкалы раскраски. Эхограмма разделяется вертикальными линиями на отрезки заданной длины по лагу. Перед каждой мильной отметкой отображается среднее значение коэффициента обратного поверхностного рассеяния S_A или коэффициента

обратного объёмного рассеяния S_V за интервал интегрирования.

В программе реализована возможность загрузки, отображения и обработки одновременно нескольких последовательных файлов эхограмм. Это даёт возможность визуализации скопления от начала до конца или, например, просмотра целого галса или страты в пределах одного окна. Данная функция позволяет оценить характер распределения рыб и планктона на

большом интервале пройденного судном расстояния, проследить суточные вертикальные миграции гидробионтов и, на основании этого, сделать предварительное оконтуривание скоплений графическими слоями. Можно посмотреть содержимое основных таблиц базы данных (БД), к которой подключена программа SALTSE (см. ниже).

Программа автоматически выполняет последовательную загрузку эхограмм из текущего каталога и сохранение результатов, что позволяет оперативно производить обработку файлов эхограмм с ранее созданными слоями. Можно выбрать из списка масштаб представления эхограммы на экране монитора, наиболее удобный для пользователя (Fit to window, All pings, 1, 2, 5, 10, 20 mile/window, 1:1, 2:1, 4:1, или колесом мыши).

На эхограмме могут отображаться эхосигналы, полученные на каждой зондирующей посылке или соответствующие импульсам лага (200 импульсов на милю), с ВАРУ 40logR (усиление для одиночных целей) и с ВАРУ 20logR (усиление для косяков), а вместо коэффициента обратного поверхностного рассеяния (s_A) — значения коэффициента обратного объёмного рассеяния (s_v).

Программа позволяет выбрать цветовой режим (палитру) для раскраски эхограммы в зависимости от типа используемого эхолота (рис. 5).

В окне эхограммы имеется всплывающее меню, позволяющее создавать границы пелагических и донных слоёв, границы страт, задать название и начало страты по лагу. Редактирование выбранного слоя позволяет исключать из анализа ненужные (неполезные) эхосигналы, создаваемые приповерхностной аэрацией, ЗРС (звукорассеивающий слой), гидрологическим зондом, различные шумы, помехи и др. Страта — участок пути на галсе съёмки, соответствующий характерному акустическому изображению скопления с определённым видовым и размерно-возрастным составом, подтверждаемым результатами контрольного траления, в пределах которого выполняется усреднение акустических данных. Из обработки исключаются эхограммы, связанные с уходом с галса и выполнением контрольных тралений.

Кроме этого, на эхограмме можно отображать протраленную область (рис. 6). В БД должны быть записаны следующие данные: горизонт хода трала (глубина верхней подборы), вертикальное и горизонтальное раскрытие трала. Эти параметры фиксируются с помощью тралового зонда FS20/25 или FS70 Simrad. Так же используется время начала траления, продолжительность, длина ваеров. В расчётах учитывается поправка на отставание трала от судна на эхограмме — квадратный корень из разности квадратов длины ваеров и глубины верхней подборы (к длине ва-

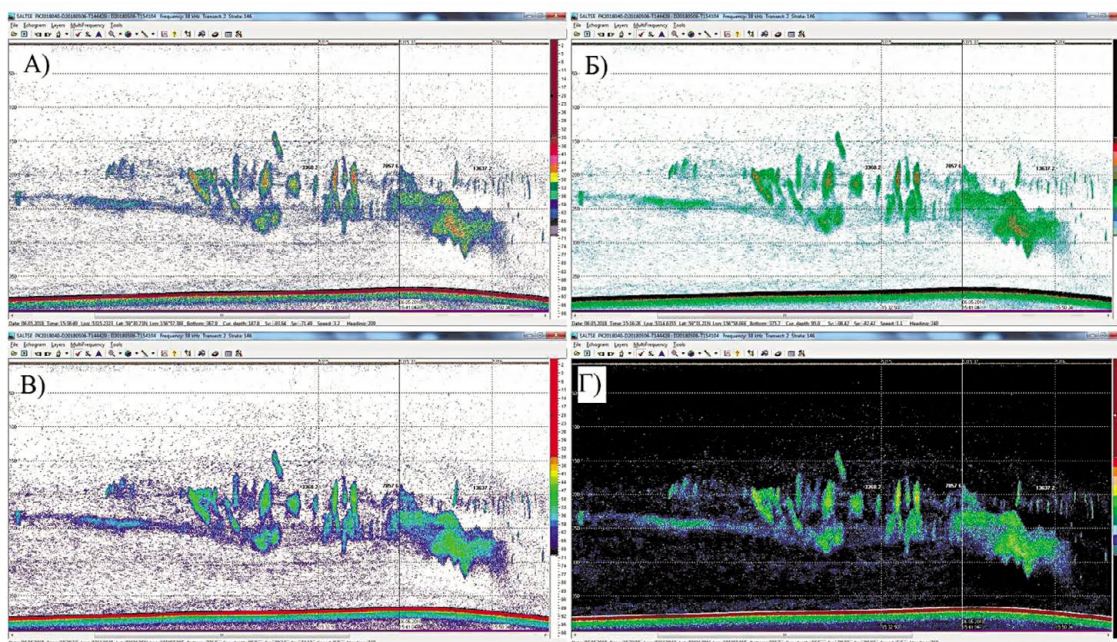


Рис. 5. Примеры акустического изображения в разной цветовой палитре в зависимости от модели эхолота: А — EK-60; Б — Kaijo; В — BioSonic; Г — Furuno FQ80

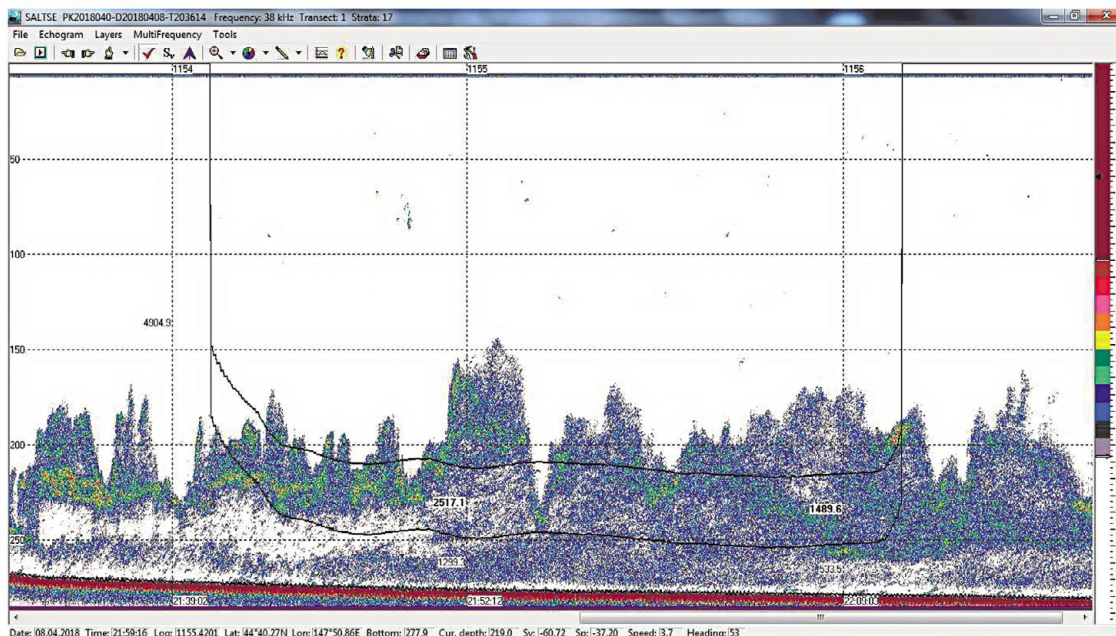


Рис. 6. Эхограмма с загруженным слоем траления по данным с тралового зонда FS20/25

еров добавляется длина кабелей от досок до устья трала). Программно вычисляется значение s_A в протраленном слое и полное s_A от поверхности до дна на интервале траления. Данная функция используется для расчёта коэффициента уловистости и коэффициента объёмности (при траловой съёмке).

В нижней части окна эхограммы отображаются параметры посылки и отсчёта, на который указывает курсор в окне эхограммы: дата, время (GMT), отсчёт лага, координаты (широта/долгота),

глубина до дна и до точки, куда указывает курсор (в метрах), значение s_v в точке эхограммы под курсором (дБ/м), значение обратного рассеяния на одиночных целях (s_p) в точке эхограммы под курсором (дБ/м), скорость судна в узлах, курс судна в градусах.

В программе реализован алгоритм многочастотного анализа эхограмм и идентификации различных видов гидробионтов по разнице их отражательной способности на разных частотах [Fernandes, Stewart, 2004], а также алгоритм двух-

Interpretation - Pel#1 pelg Strata: 146

Fragm.: 5313.5-5315.4 Region name: pelg Load default Set as default <<<

Total Sa: 3476.2 Bubble correction: 1.00 Use special Sv thresholds Upper: -20 Lower: -70 Apply

Store Objects: Haul mod. LFK: Fixed total SA assignment, % 100

| Species Name | Code | Sa% | Sa | Bio% | Bio | Num% | Num |
|---------------------------|----------|--------|----------|--------|---------|-------|----------|
| Clupea pallasii | 11310507 | 92.648 | 3220.658 | 92.886 | 731.652 | 94.62 | 6669.948 |
| Theragra chalcogramma | 11882501 | 6.482 | 225.327 | 3.642 | 28.688 | 0.869 | 61.255 |
| Bothrocara microcephala | 15223901 | 0.323 | 11.236 | 1.426 | 11.236 | 1.945 | 137.109 |
| Theragra chalcogramma (j) | 11882502 | 0.255 | 8.964 | 0.039 | 0.306 | 0.323 | 22.796 |
| Bothrocara nigrocaudata | 15223902 | 0.124 | 4.312 | 0.547 | 4.312 | 1.014 | 71.464 |
| Aptocyclus ventricosus | 11460901 | 0.044 | 1.514 | 0.384 | 3.029 | 0.048 | 3.403 |
| Eumicrotremus soldatovi | 11461204 | 0.031 | 1.078 | 0.274 | 2.155 | 0.37 | 26.07 |
| Pandalus goniurus | 85810202 | 0.029 | 1.012 | 0.021 | 0.169 | 0.614 | 43.315 |
| Mallotus villosus | 13540301 | 0.024 | 0.841 | 0.027 | 0.209 | 0.148 | 10.43 |
| Chrysaora melanaster | 89170101 | 0.021 | 0.721 | 0.712 | 5.605 | 0.024 | 1.702 |
| Careproctus rastrinus | 12750331 | 0.019 | 0.653 | 0.041 | 0.327 | 0.024 | 1.702 |
| Sa assignment: | Count:11 | 100 | 3476.2 | 100 | 787.7 | 100 | 7049.2 |

Рис. 7. Окно «Interpretation»

частотного метода [Greenlaw, 1979] оценки среднего размера (мм) и плотности (экз./м³) крупно-размерных фракций зоопланктона (с использованием статистики разностного рассеяния).

В окне «Interpretation» задаются качественные характеристики выделенного слоя, а также параметры, необходимые для расчёта и сохранения значений s_A , s_m , численности и биомассы рыб (рис. 7).

В заголовке окна отображаются тип, порядковый номер и имя текущего слоя, а также номер текущей страты.

Fragm – границы по лагу для текущего фрагмента эхограммы (части файла эхограммы, ограниченной границами страт).

Total Sa – среднее s_A по выделенному слою в границах фрагмента.

Bubble correction – задаёт коэффициент коррекции затухания на воздушных пузырьках для выделенного слоя (все значения s_A умножаются на этот коэффициент). Можно задать параметры расчёта коэффициента пузырьковой коррекции.

Region name – название слоя, которое можно выбрать из выпадающего списка слоёв, зарегистрированных в базе данных программного комплекса.

Load haul – из базы данных загружаются объекты и рассчитанные пропорции по s_A , биомассе и численности для выбранного из списка номера траления.

Info – открывает окно «DataBase» с информацией об улове (название вида на латинском языке, код вида в базе данных, вес, количество особей, минимальный и максимальный размеры, s_A рассчитанный по улову) в выбранном трале (рис. 8).

LFK – номер размерного ключа (пропорции длин объектов из таблицы базы данных), по которому будут рассчитываться численность и биомасса.

В нижней части окна находится список объектов, в котором каждая строка содержит название объекта (выбирается из записей таблицы *species* базы данных), код объекта, процент от s_A и абсолютное значение s_A , которое отводится на объект, процентное соотношение объекта ко всем объектам в трале по биомассе и численности и плотность объекта в слое в тонн/миля² и в тыс.шт./миля².

Store – для текущего слоя эхограммы рассчитывает s_A на сетке интегрирования и вместе с пропорциями и размерными рядами объектов по биомассе и численности записывает в файлы. Вместе с этим также могут быть сохранены, в зависимости от настроек программы, гистограмма и эхотреки, многочастотные данные, расчёты по возможному вылову, классификации и другие параметры слоёв.

Окно «Histogram» отображает гистограммы по различным параметрам:

By TS – гистограмма по значениям компенсированной силы цели (TS) эхотреков, выделенных

| Spec_Name | Spc_Code | NumberFish | Weight | Min_Len | Max_Len | Sa_Calc |
|---------------------------|----------|------------|----------|---------|---------|----------|
| Clupea pallasii | 11310507 | 3920 | 430 | 190 | 350 | 81.65... |
| Bothrocarina microcephala | 15223901 | 80 | 6.587... | 160 | 280 | 0.284... |
| Bothrocarina nigrocaudata | 15223902 | 42 | 2.533... | 180 | 260 | 0.109... |
| Theragra chalcogramma | 11882501 | 36 | 16.86... | 185 | 561 | 5.712... |
| Theragra chalcogramma (j) | 11882502 | 6 | 0.082... | 130 | 150 | 0.224... |
| Eumicrotremus soldatovi | 11461204 | 5 | 1.003... | 80 | 200 | 0.027... |
| Mallotus villosus | 13540301 | 3 | 0.061... | 135 | 145 | 0.021... |
| Pandalus goniurus | 85810202 | 2 | 0.008... | 70 | 80 | 0.025... |
| Aptocyclus ventricosus | 11460901 | 2 | 1.779... | 240 | 310 | 0.038... |
| Chrysaora melanaster | 89170101 | 1 | 3.293... | 390 | 390 | 0.018... |
| Careproctus rastrinus | 12750331 | 1 | 0.192... | 220 | 220 | 0.016... |

Рис. 8. Окно «DataBase»

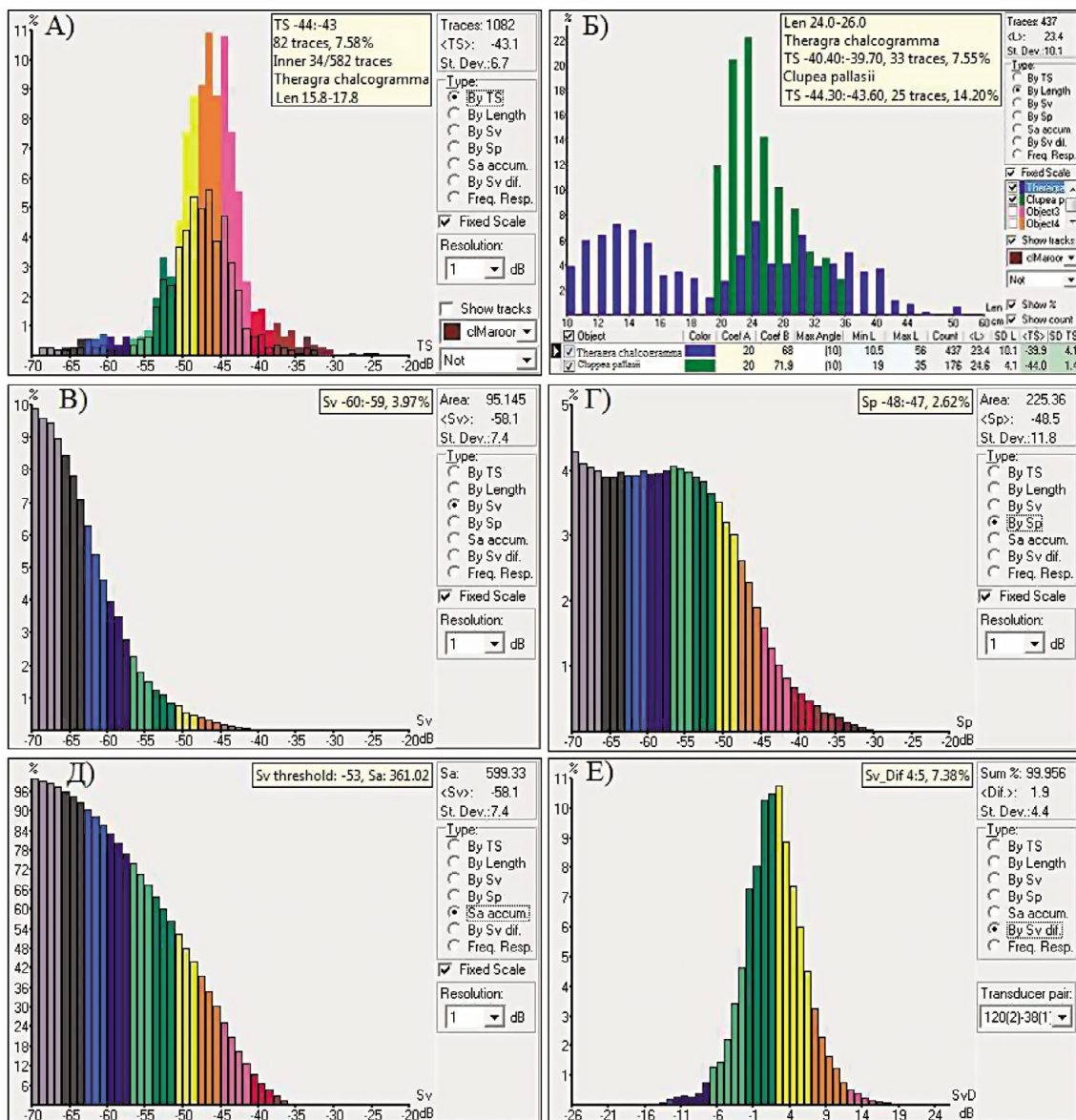


Рис. 9. Окно «Histogram»

в текущем слое (рис. 9 А). Контуром показана гистограмма эхотреков для центральной части луча антенны (*inner angle* в настройках).

By Length – реализована возможность задавать и отображать гистограммы по длине, пересчитанной из компенсированной силы цели эхотреков (детектированных одиночных целей) сразу нескольких объектов (рис. 9 Б). Для каждого объекта можно задавать название, цвет на гистограмме, свои коэффициенты зависимости силы цели от длины рыб вида: $TS = A \log(L) + B$, ограничения на максимальное отклонение эхотреков от акустической оси антенны [Ермольчев, 2005], а также на длину объекта. Здесь же отображаются характеристики распределения.

By Sv – гистограмма по силе обратного объёмного рассеяния s_v в текущем слое (рис. 9 В). *Area* – площадь эхограммы в текущем слое в пределах ограничений шкалы гистограммы.

By Sp – гистограмма по силе обратного рассеяния на одиночных целях s_p (рис. 9Г).

Sa accum. – накопление s_A в зависимости от изменения нижнего порога интегрирования (рис. 9 Д). *Sa* – суммарное s_A в текущем слое в пределах шкалы гистограммы.

By Sv dif. – гистограмма по разнице объёмного рассеяния на заданной паре частот (рис. 13 Е). Ограничения и шаг шкалы задаются на странице настроек многочастотного анализа эхограмм. *Sum%* – процентная доля разно-

стей s_v , находящаяся в пределах шкалы гистограммы.

Freq. Resp. – гистограмма по средней s_v на всех частотах относительно s_v на базовой частоте (обычно 38 кГц).

Show tracks – если включено, то в режиме гистограммы по *TS* или по длине, в окне эхограммы помечается положение эхотреков, по которым строится гистограмма.

Окно с настройками программы состоит из восьми вкладок (рис. 10).

На вкладке *Echogram* (рис. 10 А) задаются параметры отображения маркеров и слоёв на эхограмме. Программа позволяет настраивать отображаемый на эхограмме диапазон глубины, задавать шаг разбиения эхограммы по лагу в милях при отображении на экране (от 0,01 до 1 мили).

На вкладке *Integration* (рис. 10 Б) задаются параметры интегрирования: минимальная глубина интегрирования, верхнее и нижнее значение порога по s_v (от -70 до -20 дБ), шаг интегрирования, с которым рассчитанные s_A , s_m , биомасса и численность сохраняются в файлах (обычно 0,5 или 1 миля) и др.

На вкладке *Echotrace* (рис. 10 В) настраиваются гистограммы по силе цели и длине рыб в окне «Histogram». Здесь можно задавать порог по отклонению целей от оси антенны (в градусах), границы диапазона значений силы целей, параметры детектирования одиночных целей (нижний порог детектирования в дБ, минимальную и максимальную длительность одиночной цели относительно длительности импульса эхолота и др.).

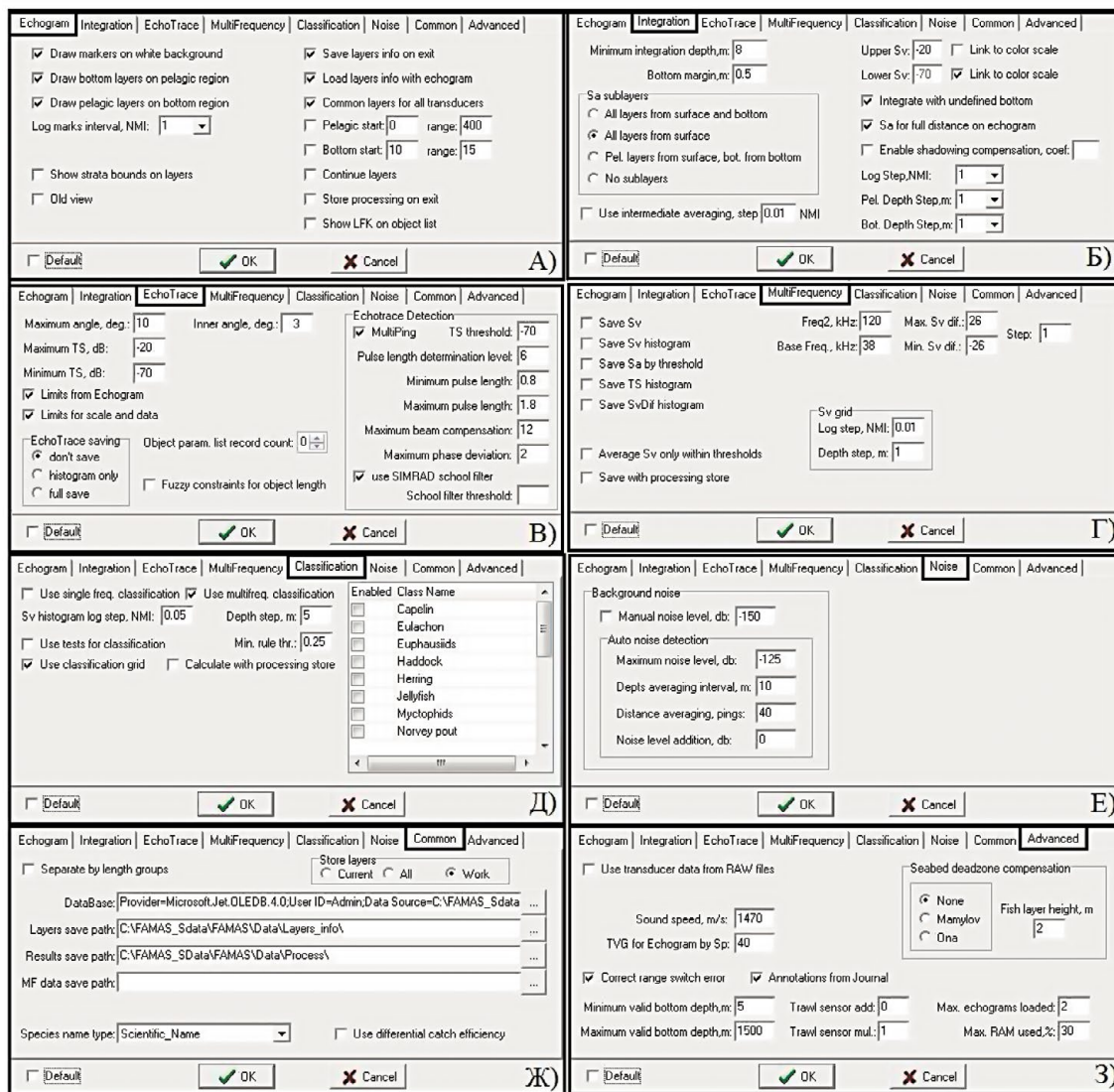


Рис. 10. Настройки программы «SALTSE»

На вкладке *MultiFrequency* (рис. 10 Г) задаются настройки для многочастотного анализа эхограмм. В левой части находится набор параметров, сохраняемых в текстовые файлы формата «CSV» для каждой ячейки сетки интегрирования. В процессе сохранения данных получается следующую информацию: объёмное рассеяние на всех частотах и разницей s_v для всех пар частот; s_v с шагом 1 дБ в пределах текущих порогов интегрирования; зависимость s_d от изменения нижнего порога интегрирования с шагом 1 дБ от минимального порога интегрирования до максимального; сила цели (TS) по выделенным эхотрекам с шагом 1 дБ и пределами, заданными на странице *Echotracer*; по разнице s_v для всех пар частот, рассчитывается и сохраняется с шагом интегрирования по лагу для всей ширины слоя без разбиения на подслои по глубине.

На вкладке *Classification* (рис. 10 Д) задаются настройки для видовой классификации объектов исследования по эхограммам. На данный момент опция используется в экспериментальном режиме.

На вкладке *Noise* (рис. 10 Е) задаются параметры детектирования уровня фонового шума. Используется для устранения шумов на эхограммах.

На вкладке *Common* (рис. 10 Ж) осуществляется настройка совместной работы программы «SALTSE» и интегрированной БД. Здесь прописываются пути доступа к каталогу БД, каталогу для сохранения параметров линий слоёв и сопровождающей информации (файлы с расширением *Layers*), каталогу для сохранения результатов обработки по слоям (файлы с расширением *Fam*, *Trs*), каталогу для сохранения результатов многочастотной обработки.

На восьмой вкладке *Advanced* (рис. 10 З) расположены дополнительные настройки. Здесь можно установить следующие параметры: скорость звука при обработке эхограмм формата *BI500*, диапазон глубин дна, в пределах которого определённая эхолотом глубина места считается корректной, диапазон глубин для детектирования дна, настройки компенсации придонной акустической зоны тени, настройки для отображения слоя траления. Также можно установить макси-

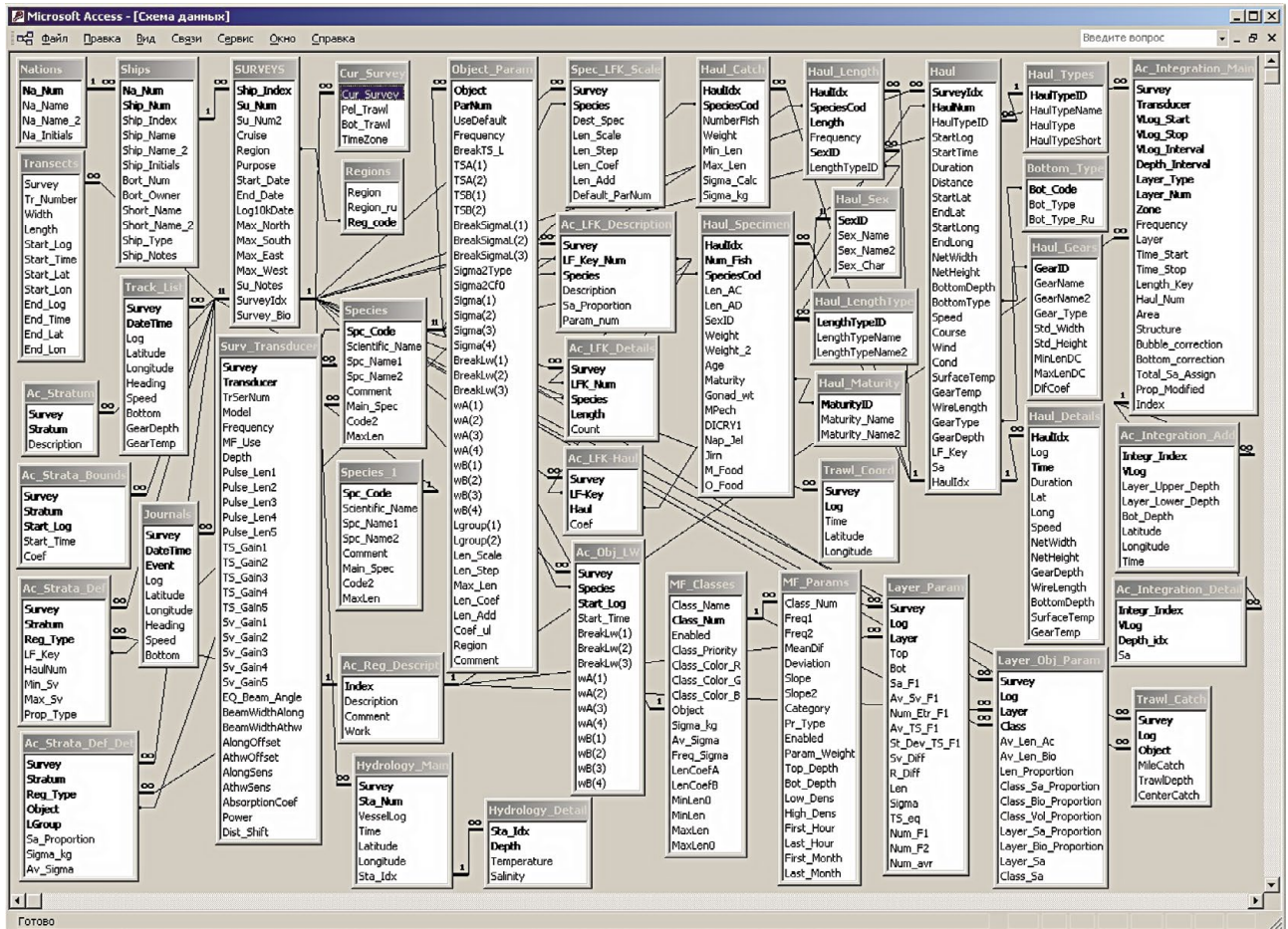


Рис. 11. Структура интегрированной базы данных

мальное количество одновременно загруженных файлов эхограмм.

Интегрированная база данных – БД акустических, картографических, промысловых и биологических измерений и их отношений, необходимых для обработки эхограмм (около 110 таблиц и 250 запросов в среде «Access»). Содержит справочные и вспомогательные таблицы, биологические данные (по результатам контрольных тралений), данные сопровождения акустических измерений, данные с результатами эхоинтегрирования, гидрологические и другие данные (рис. 11).

Перед началом каждой съёмки создаётся запись в таблице «Surveys» (рис. 12). Таблицы БД пополняются данными о параметрах тралений (таблица Haul и Haul Details), данными о видовом составе уловов (таблица Haul Catch), результатами промеров и биологического анализа рыб (таблица Haul Length и Haul Specimen).

В таблице «Haul» (рис. 13) находятся навигационные данные, параметры траловой системы, акустические параметры (S_A в протраленном слое и во всем слое от поверхности до дна), а также гидрологические и сопутствующие данные по каждому тралу.

Информация о составе уловов в тралах (вид, число особей, общий вес особей вида, минимальная и максимальная длина и вычисленное суммарное значение поперечного сечения обратного рассеяния) находится в таблице «Haul Catch» (рис. 14). Таблица «Haul Length» содержит размерный и половой состав объектов в трале, а также их стадии зрелости (рис. 15).

Для перевода акустической плотности в показатели обилия (численности и биомассы) в базе данных используется таблица «Object Param» (рис. 16). В ней заданы формулы и параметры отражательной способности гидробионтов (TS и σ_{bs}) в зависимости от частоты эхолота, вида и размерной группы объектов.

Также для расчётов в базе данных используются таблицы со списком галсов съёмок (таблица Transects), с описанием размерно-частотных ключей, обработанных слоёв и границ страт (таблицы Ac LFK Details, Ac Strata Bounds, Ac LFK Haul, Ac Strata Def), информация с записями маршрута съёмки (галсового листа) и журнала событий (таблицы Track List и Journal), а также ряд промежуточных и вспомогательных таблиц. Созданные запросы позволяют получать информацию отдельно по каждой съёмке, тралу, виду

| Ship | Su_Num | Cruise | Region | Purpose | Start_Date | End_Date |
|-----------------------|---------|-----------|----------------|-----------------------------------|------------|------------|
| Professor Kaganovskiy | 2018040 | PK2018040 | Sea of Okhotsk | Okhotsk Sea Shelf EIMT Survey | 06.04.2018 | 31.05.2018 |
| Professor Kaganovskiy | 2018060 | PK2018060 | NWPO | NWPO Salmon Survey | 31.05.2018 | 07.07.2018 |
| TINRO | 2018080 | TI2018080 | Bering sea | Bering Sea Survey Salmon | 16.08.2018 | 07.11.2018 |
| Professor Levanidov | 2018080 | PL2018090 | Bering sea | Bering Sea West Shelf EIMT Survey | 31.07.2018 | 06.11.2018 |

Рис. 12. Таблица «Surveys»

| Survey | HaulNum | StartLog | StartTime | Duration | Distance | StartLat | EndLat | StartLong | EndLong | NetWidth | NetHeight |
|-------------|---------|----------|------------------|----------|-------------|----------|------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| PK2017030 | 14 | 4462.425 | 21.04.2017 4:43 | 0.29 | 1.11 | 54.50 | 54.50 | 155.24 | 155.27 | 39.5 | 32.5 |
| PK2017030 | 15 | 5740.615 | 29.04.2017 16:37 | 0.50 | 1.54 | 57.99 | 57.97 | 155.65 | 155.64 | 67 | 30.5 |
| PK2017030 | 16 | 7095.59 | 07.05.2017 8:27 | 0.66 | 2.32 | 58.39 | 58.42 | 155.02 | 155.04 | 57.5 | 30.8 |
| BottomDepth | Speed | Course | Wind | Cond | SurfaceTemp | GearTemp | WireLength | GearType | GearDepth | Sa | Sa_Full |
| 67 | 3.5 | 95 | 30/15 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 197.5 | PT/TM | 62 | 2971.05 | 4375.771 |
| 291 | 3.1 | 201.5 | 20/14 | 2 | 0.4 | 1.4 | 550 | PT/TM | 152.5 | 529.35 | 4672.612 |
| 255 | 3.95 | 23.5 | 50/8 | 1.5 | 1.1 | 0.8 | 562.5 | PT/TM | 184 | 1837.84 | 5053.4 |

Рис. 13. Таблица «Haul»

| HaulIdx | SpeciesCod | NumberFish | Weight | Min Len | Max Len | Sigma_Calc |
|---------------|-------------------------|------------|--------|---------|---------|------------|
| PK2018040-001 | Theragra chalcogramma | 981 | 630 | 375 | 590 | 4.953312 |
| PK2018040-001 | Lipolagus ochotensis | 66 | 0.157 | 55 | 85 | 0.02324409 |
| PK2018040-001 | Leuroglossus schmidti | 42 | 0.458 | 70 | 150 | 0.01202921 |
| PK2018040-001 | Diaphus theta | 286 | 1.316 | 40 | 90 | 0.1426934 |
| PK2018040-001 | Berryteuthis j magister | 18 | 0.032 | 40 | 40 | 0.0016 |

Рис. 14. Таблица «Haul Catch»

| HaulIdx | SpeciesCod | Length | SexID | Maturity | Frequency |
|---------------|-----------------------|--------|-------|----------|-----------|
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 180 | Самец | 20 | 11 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 180 | Самка | 20 | 9 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 190 | Самец | 20 | 3 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 190 | Самка | 20 | 5 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 210 | Самец | 20 | 5 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 210 | Самка | 20 | 3 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 220 | Самец | 20 | 10 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 220 | Самка | 20 | 10 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 230 | Самец | 20 | 19 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 230 | Самка | 20 | 20 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 240 | Самец | 20 | 22 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 240 | Самка | 20 | 18 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 250 | Самец | 20 | 13 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 250 | Самка | 20 | 15 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 260 | Самец | 20 | 11 |
| PK2018040-015 | Theragra chalcogramma | 260 | Самка | 20 | 15 |

Рис. 15. Таблица «Haul Length»

| Object | ParNum | Freq. | BreakTS_L | TSA(1) | TSA(2) | TSB(1) | TSB(2) | Lgroup(1) | Lgroup(2) | Len_Scale | Len_Step | Max_Len | Len_Add | Coef_ul | Comment |
|-------------------------|--------|-------|-----------|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|---------|---------|---------|---------------------|
| Theragra chalcogramma | 1 | 38 | | 20 | | -68 | | 170 | 350 | 1 | 10 | 900 | 0.5 | 0.5 | ТИНРО |
| Chupeidae gen. sp. | 1 | 38 | 91 | 11.3 | 20 | -63.7 | -71.9 | 124 | | 1 | 10 | 450 | 0.5 | 0.5 | ПИНРО |
| Chupeidae gen. sp. | 2 | 120 | | 20 | | -74.1 | | 124 | | 1 | 10 | 450 | 0.5 | 0.5 | Макленгон |
| Chupeidae gen. sp. | 5 | 70 | | 20 | | -72.3 | | 124 | | 1 | 10 | 450 | 0.5 | 0.5 | Макленгон |
| Boreogadus saida | 1 | 38 | 150 | 12.8 | 21.8 | -64.3 | -74.9 | 74 | | 1 | 5 | 400 | 2 | 0.5 | ПИНРО |
| Sardinops melanostictus | 2 | 38 | | 20 | | -71.6 | | 124 | | 1 | 10 | 450 | 0.5 | 0.5 | C. Porteiro et al. |
| Scomber australasicus | 1 | 38 | | 20 | | -72.8 | | | | 1 | 10 | 500 | 0.5 | 0.5 | Svellingen,Charouki |
| Scomber japonicus | 4 | 38 | | 20 | | -72.8 | | | | 1 | 10 | 500 | 0.5 | 0.5 | Svellingen,Charouki |
| Mallotus villosus | 1 | 38 | 100 | 12.9 | 19.1 | -67.8 | -74 | 74 | | 1 | 5 | 300 | 2 | 0.5 | ПИНРО |
| Mallotus villosus | 2 | 38 | | 20 | | -70.3 | | 74 | | 1 | 5 | 300 | 2 | 0.5 | Guttormsen, Wilson |
| Mallotus villosus | 3 | 120 | | 20 | | -71.6 | | 74 | | 1 | 5 | 300 | 2 | 0.5 | Guttormsen, Wilson |

Рис. 16. Таблица «Object Param»

гидробионтов, размерной группе, глубине траления и т. д.

Программа Sumfiles – используется для суммирования файлов с результатами постпроцессорной обработки эхограмм (файлы с расширением *FAM*). Также программа может заносить данные по s_A из файлов обработки эхограмм в базу данных и рассчитывать биомассу и численность объектов, изменяя параметры без повторной обработки эхограмм (рис. 17). Данные из

файлов объединяются по типу слоя и виду объекта, преобразуются в формат «CSV». В итоге, в зависимости от настроек, могут быть получены файлы с данными либо по плотности, либо с оценками численности и биомассы рыб, рассчитанные по размерным группам (рис. 18 А) или горизонтам глубин (рис. 18 Б).

Программа TxtConvert (рис. 19) – предназначена для преобразования и дополнительной обработки файлов распределения численности

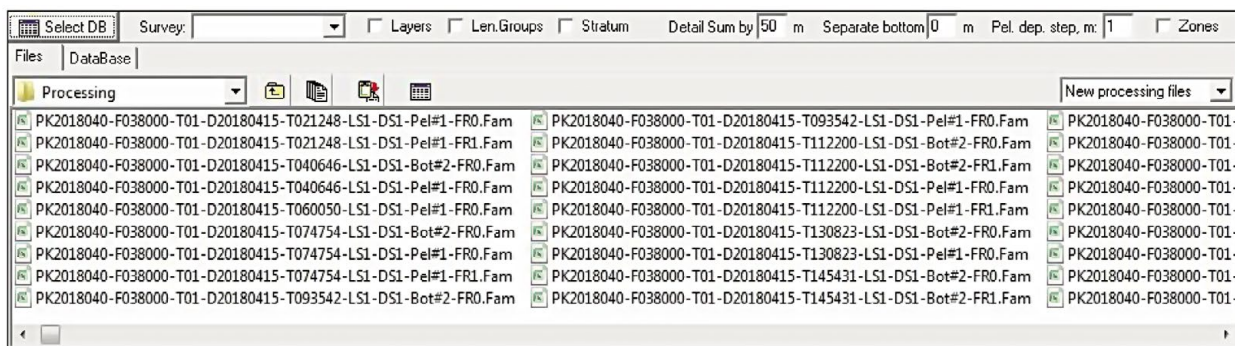


Рис. 17. Окно программы «Sumfiles»

| Number | Pel | | | | | | | | | | | | | | | | A) |
|----------|------------|-----------------------|-------|--------|---------|-----------|------|---------|---------|---------|---------|------|------|------|------|-------|-------|
| Object | 11882501 | Theragra chalcogramma | | | | | | | | | | | | | | | |
| Log_step | 1 | Depth_ste 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Log | Date | Time | Lat. | Lon. | Stratum | Bot.\len. | 0-90 | 100-190 | 200-290 | 300-390 | 400-890 | 350 | 360 | 370 | 380 | 390 | 400 |
| 2061 | 14.04.2018 | 22:42:49 | 51.08 | 156.25 | 31 | 96.4 | 0 | 0 | 0 | 2.77 | 66.07 | 0.23 | 0.00 | 0.23 | 0.69 | 1.62 | 2.77 |
| 2062 | 14.04.2018 | 22:50:56 | 51.07 | 156.23 | 31 | 105.9 | 0 | 0 | 0 | 26.19 | 624.18 | 2.18 | 0.00 | 2.18 | 6.55 | 15.28 | 26.19 |
| 2063 | 14.04.2018 | 22:59:20 | 51.07 | 156.20 | 31 | 118 | 0 | 0 | 0 | 9.44 | 224.93 | 0.79 | 0.00 | 0.79 | 2.36 | 5.51 | 9.44 |
| 2064 | 14.04.2018 | 23:07:40 | 51.07 | 156.17 | 31 | 171.6 | 0 | 0 | 0 | 20.11 | 479.17 | 1.68 | 0.00 | 1.68 | 5.03 | 11.73 | 20.11 |
| 2065 | 14.04.2018 | 23:16:12 | 51.07 | 156.15 | 31 | 238.5 | 0 | 0 | 0 | 24.96 | 594.85 | 2.08 | 0.00 | 2.08 | 6.24 | 14.56 | 24.96 |

| Number | Pel | | | | | | | | | | | | | | | | B) |
|----------|------------|-----------------------|-------|--------|---------|-----------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Object | 11882501 | Theragra chalcogramma | | | | | | | | | | | | | | | |
| Log_step | 1 | Depth_ste 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Log | Date | Time | Lat. | Lon. | Stratum | Bot.\dep. | Sum | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 |
| 2061 | 14.04.2018 | 22:42:49 | 51.08 | 156.25 | 31 | 96.40 | 68.84 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.11 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.35 | 0.10 | 0.00 |
| 2062 | 14.04.2018 | 22:50:56 | 51.07 | 156.23 | 31 | 105.90 | 650.36 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2063 | 14.04.2018 | 22:59:20 | 51.07 | 156.20 | 31 | 118.00 | 234.36 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2064 | 14.04.2018 | 23:07:40 | 51.07 | 156.17 | 31 | 171.60 | 499.27 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 |
| 2065 | 14.04.2018 | 23:16:12 | 51.07 | 156.15 | 31 | 238.50 | 619.81 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.48 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Рис. 18. Пример итогового файла программы «Sumfiles»: численность (тыс. экз.) по длине объекта (А), по глубине (Б)

| Number | by | length: | thousand | pieces | Pel | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|-----------|-----------|---------|------|---------|-----------|------|---------|---------|---------|---------|---|----|----|----|--|
| Object | 11882501 | Theragra | chalcogra | | | | | | | | | | | | | | |
| Log_step | 1 | Depth_ste | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Log | Date | Time | Lat. | Lon. | Tr_W | Stratum | Bot.\len. | 0-90 | 100-190 | 200-290 | 300-390 | 400-890 | 0 | 10 | 20 | 30 | |
| 2061.00 | 14.04.20 | 22:42:49 | 51.0751 | 156.252 | 1 | 31 | 96.4 | 0 | 0 | 0 | 2.7721 | 66.068 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2062.00 | 14.04.20 | 22:50:56 | 51.0732 | 156.225 | 1 | 31 | 105.9 | 0 | 0 | 0 | 26.189 | 624.18 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2063.00 | 14.04.20 | 22:59:20 | 51.0714 | 156.199 | 1 | 31 | 118 | 0 | 0 | 0 | 9.4374 | 224.93 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2064.00 | 14.04.20 | 23:07:40 | 51.0696 | 156.173 | 1 | 31 | 171.6 | 0 | 0 | 0 | 20.105 | 479.17 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2065.00 | 14.04.20 | 23:16:12 | 51.0680 | 156.146 | 1 | 31 | 238.5 | 0 | 0 | 0 | 24.959 | 594.85 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Рис. 19. Окно программы «TxtConvert»

и биомассы, получаемых в результате постпроцессорной обработки эхограмм в программе «SALTSE» и суммирования в программе «Sumfiles». Программа преобразует данные в формат, необходимый для построения карт распределения гидробионтов по глубине, позволяет разбросать данные по квадратам координатной сетки с заданным шагом, вычислять характеристики вертикального распределения объекта.

Sounder – программа для приёма и обработки телеграмм GPS, тралового зонда, ведения галсового листа (таблица с координатами позиционирования судна, скоростью судна, глубиной до дна с возможностью дискретизации данных в 1 с) и журнала событий. В главном окне программы содержится информация о координатах, курсе и скорости судна, приводятся текущие значения лага и глубины во время съёмки (рис. 20).

BIFiles – эта вспомогательная программа, предназначена для манипулирования файлами эхограмм – сжатие, преобразование, исправление и т. д., а также создания галсового листа (файл формата «CSV» с данными лага, даты, вре-

| | | | |
|------------------------------|------------|------------------|-----------------|
| 10.9 55 43°20.65N 134°59.63E | | 2:24:37 26.03.18 | |
| Latitude: | 43°20.65N | Heading: | 55.1 |
| Longitude: | 134°59.63E | Speed: | 10.9 |
| Log: | 662.220 | Bottom: | 80.5 |
| Trawl depth: | | Temp.: | E2,Q2,O2,E1,Q1, |

Рис. 20. Окно программы «Sounder»

мени, координат, скорости и курса судна, извлечёнными из RAW-файлов).

После пополнения БД и многоступенчатой обработки эхограмм и сопутствующих измерений в программном комплексе получаем данные по численности и биомассе исследуемых рыб в зависимости от их вида, размера и глубины с географической привязкой, информацию о вертикальных суточных миграциях, батиметрическом распределении и другие данные, необходимые для оценки состояния запасов и масштабов миграций гидробионтов. Типовая структура выходных данных представляется результатами обработки фрагментов акустических изображений

по элементам сетки с задаваемым размером отдельного элемента сетки по дистанции (обычно 0,5 мили в Беринговом море и 1 мили в Охотском море и СЗТО) и 1 м по глубине в пределах выделенных для обработки слоёв. Данные доступны для последующего использования программами Excel, Surfer и др.

Программный комплекс используется в практике эхоинтеграционных тралово-акустических съёмов ТИНРО и постоянно совершенствуется. Методика и результаты его применения при выполнении биоресурсных исследований в дальневосточных морях РФ достаточно подробно изложены в работе [Кузнецов, 2013]. Рис. 21 и 22 демонстрируют возможности гидроакустического метода. В частности, учитывая то, что частота аку-

стических проб намного выше, чем траловых станций, можно изучать тонкую микроструктуру зарегистрированных агрегаций и характеристики пространственной дифференциации различных размерных групп рыб, а также дистанционно измерять с высоким разрешением не только горизонтальное, но и вертикальное распределение гидробионтов.

ВЫВОДЫ

Представлены описание и современные возможности специализированного программного комплекса, разработанного для исследования и оценки биологических ресурсов Дальневосточных морей гидроакустическим эхоинтеграционным методом.

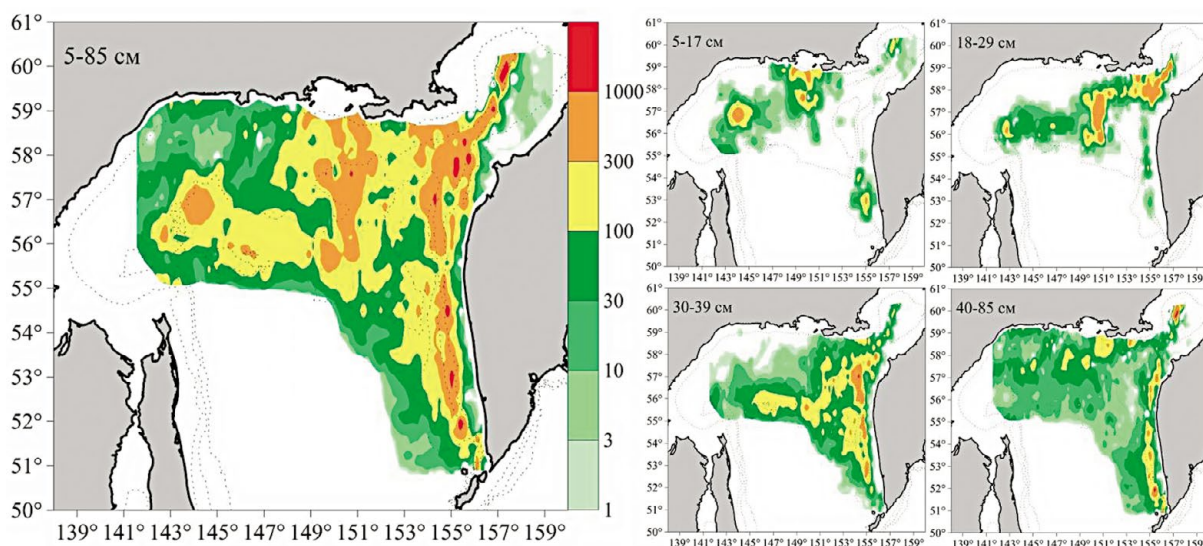


Рис. 21. Пространственное распределение минтая в Охотском море (тыс. экз./миля²) по данным эхоинтеграционных измерений (весна 2018 г.)

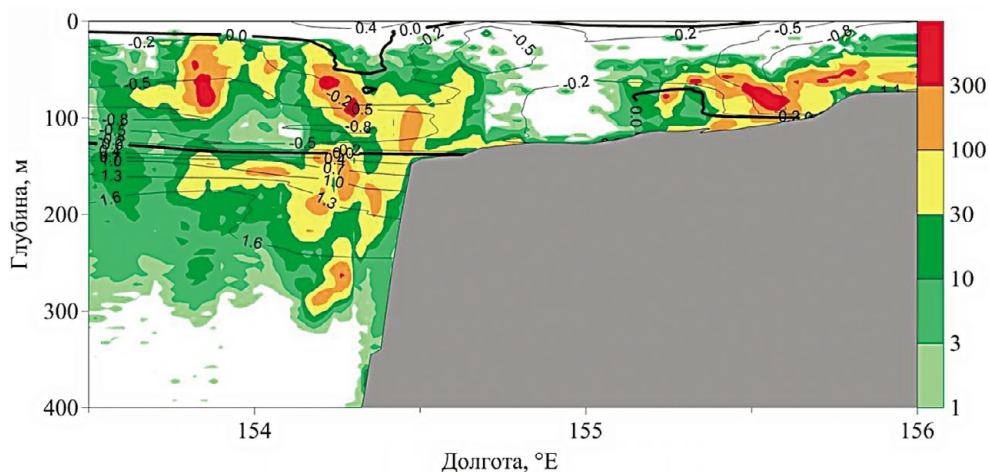


Рис. 22. Вертикальное распределение плотности скопления минтая s_A (м²/миля²) и температуры вод (°C) вдоль разреза по 57° с. ш. (западная Камчатка, апрель 2018 г.)

ЛИТЕРАТУРА

Программный комплекс обеспечивает визуализацию акустических изображений гидробионтов и позволяет сконцентрировать «в одном месте» всю информацию, необходимую для проведения качественного анализа эхограмм и их обработки с расчётом численности и биомассы рыб по видам, размерам и глубине.

С использованием представленных программных средств можно воспроизводить эхограмму и сопутствующую ей биологическую, промысловую, навигационную информацию в любой точке обследованной акватории в реальном масштабе времени.

Планируется дальнейшая модернизация комплекса, а именно:

– создание дополнительного программного модуля, использующего модель поведения рыб в шумовом поле судна для компенсации потерь энергии эхосигнала (s_A) при эхоинтеграционной оценке запасов [Кузнецов и др., 2017];

– встраивание модуля, рассчитывающего для каждой траловой станции сквозной коэффициент уловистости как отношение количества пойманных рыб в трале к количеству рыб в протраленном объёме при естественном их распределении [Кузнецов и др., 2017];

– развитие программных средств автоматической идентификации (распознавания) и классификации акустических изображений гидробионтов на эхограммах по видам и размерам [Кузнецов и др., 2018];

– модернизация программных средств «SALTSE» для совместной работы с ГИС «Карт-Мастер»;

– встраивание программного комплекса в единую информационную систему сбора, обработки и хранения данных гидроакустических ресурсных съёмки.

Ермольчев В.А. 2005. Гидроакустический способ определения размерного состава рыб в скоплениях в естественной среде обитания. Пат. РФ № 2271552. С. 6. Бюл. № 7

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

Кузнецов М.Ю., Поляничко В.И., Убарчук И.А., Сыроваткин Е.В. 2017. Влияние гидроакустического шума судна на эхоинтеграционные оценки запасов рыб и уловистость учётного трала (на примере минтая Охотского моря) // Известия ТИНРО. Т. 190. С. 85–100.

Кузнецов М.Ю., Убарчук И.А., Поляничко В.И., Шевцов В.И., Сыроваткин Е.В. 2018. Электронный атлас типовых акустических изображений промысловых видов рыб дальневосточных морей России // Известия ТИНРО. Т. 193. С. 57–67.

Убарчук И.А., Ермольчев В.А. 2015. Программа для ЭВМ «SALTSE» (Scattering Area Coefficient, Length and Target Strength Estimation): Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015613954. С. 1. Бюл. № 4.

Fernandes P.G., Stewart M. 2004. Determining the quality of a multifrequency acoustic identification algorithm. ICES CM 2004/R. 11. pp.

Greenlaw C.F. 1979. Acoustical estimation of zooplankton populations // Limnol. Oceanogr. V. 24(2). P. 226–242.

MacLennan D.N., Fernandes P.G., Dalen J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics // ICES J. of Marine Science. V. 59. P. 365–369.

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 ICES HAC Standard Data Exchange Format, Version 1.60. ICES Cooperative Research Report No. 278. 86 pp.

Simmonds E.J., MacLennan D.N. Fisheries acoustics: theory and practice. 2005. Oxford, UK: Blackwell Science. 437 pp.

*Поступила в редакцию 18.03.2019 г.
Принята после рецензии 01.04.2019 г.*

The software complex for visualization, multiple-view processing and data storage of hydroacoustic resource surveys

*M. Yu. Kuznetsov,
I.A. Ubarchuk,
V.I. Polyanichko,
E.V. Syrovatkin*

Pacific branch of VNIRO
(«TINRO»), Vladivostok, Russia

The description of the software package created for the study and assessment of aquatic biological resources is presented. This software package is provided visualization of acoustic images (echograms) with different scaling of the sensed space and the selection of areas (layers). The software package are used hydroacoustic, biological, navigation and other data that located in the integrated database. These data are displayed as separate windows (modules) and enter into the composition of the program interface. The software package allows you to load and display simultaneously several echogram files with lag marks and integration results, layers (including the trawling layer), strata boundaries, species composition within the selected layer and stratum, histograms by single target strength in the selected layer, histograms for length, recalculated from the target strength for several species of fish and other data. This software package allows you to concentrate on the desktop all the information necessary for high-quality analysis and multispecies processing of echograms in real time. The software package calculates and stores in a tabular form the values of fish density, abundance and biomass and their distribution with a given step by statistical squares, by species, size series, by depth, etc. The software package is used in the practice of echointegration traw-acoustic surveys of TINRO at this time. Upgrade software is planned in the near future.

Keywords: hydroacoustic method, stock assessment, scientific echosounder, echogram, target strength, software, interface, data base, abundance.

REFERENCES

- Ermol'chev V.A.* 2005. Gidroakusticheskij sposob opredeleniya razmernogo sostava ryb v skopleniyakh v estestvennoj srede obitaniya [Hydroacoustic method for determining the size composition of fish aggregation in natural habitat]. Patent RF № 2271552. S. 6. Byul. № 7
- Kuznetsov M. Yu.* 2013. Gidroakusticheskie metody i sredstva otsenki zapasov ryb i ikh promysla. CHast' 1. Gidroakusticheskie sredstva i tekhnologii ikh ispol'zovaniya pri provedenii bioresursnykh issledovaniy TINRO-Tsentra [Hydroacoustic methods and tools for fish stock assessment and fishery maintenance. Part 1. Hydroacoustic tools and technologies of their use in bioresource researches of TINRO-Center] // Izvestiya TINRO. T. 172. S. 20–51.
- Kuznetsov M. Yu., Polyanichko V.I., Ubarchuk I.A., Syrovatkin E.V.* 2017. Vliyanie gidroakusticheskogo shuma sudna na ehkhointegratsionnye otsenki zapasov ryb i ulovistost' uchelnogo trala (na primere mintaya Okhotskogo morya) [Influence of hydroacoustic noise from vessel on echo integration estimations of fish stocks and catchability of accounting trawl (on example of walleye pollock in the Okhotsk Sea)] // Izvestiya TINRO. T. 190. S. 85–100.
- Kuznetsov M. Yu., Ubarchuk I.A., Polyanichko V.I., Shevtsov V.I., Syrovatkin E.V.* 2018. Ehlektronnyj atlas tipovykh akusticheskikh izobrazhenij promyslovykh vidov ryb dal'nevostochnykh morej Rossii [Electronic atlas of typical acoustic images of commercial fish species of the Far Eastern seas of Russia] // Izvestiya TINRO. T. 193. S. 57–67.
- Ubarchuk I.A., Ermol'chev V.A.* 2015. Programma dlya EHVM «SALTSE» (Scattering Area Coefficient, Length and Target Strength Estimation) [Computer program "SALTSE" (Scattering Area Coefficient, Length and Target Strength Estimation)]: Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registratsii programmy dlya EHVM № 2015613954. S. 1. Byul. № 4
- Fernandes P.G., Stewart M.* 2004. Determining the quality of a multifrequency acoustic identification algorithm. ICES CM 2004/R. 11. pp.
- Greenlaw C.F.* 1979. Acoustical estimation of zooplankton populations // Limnol. Oceanogr. V. 24(2). P. 226–242.
- MacLennan D.N., Fernandes P.G., Dalen J.* 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics // ICES J. of Marine Science. V. 59. P. 365–369.
- 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 ICES HAC Standard Data Exchange Format, Version 1.60. ICES Cooperative Research Report No. 278. 86 pp.
- Simmonds E.J., MacLennan D.N.* Fisheries acoustics: theory and practice. 2005. Oxford, UK: Blackwell Science. 437 pp.

FIGURE CAPTIONS

Fig. 1. Hydroacoustic measuring system

Fig. 2. Algorithmic calculation scheme: i – object length index; j – object species index; s_A – nautical area scattering coefficient (NASC) ($\text{m}^2 \cdot \text{nmi}^{-2}$); s_v – volume backscattering coefficient (m^{-1}); z_1, z_2 – upper and lower boundaries of integration layer; L_{ij} – zoological length of the object (cm); $\langle TS_{L_{ij}} \rangle$ – average value of target strength (dB); a_i, b_j – coefficients for calculating $TS(L_{ij})$; $n(L_{ij})$ – the number of specimens of the “ i ” length, the “ j ” species in the catch (pcs.); $\sigma_{L_{ij}}$ – backscattering cross-section (m^2); $\langle \sigma_{bsj} \rangle$ – average value of the backscattering cross-section of the single object (m^2); σ_j^{catch} – accumulative value of the backscattering cross-section in the catch (m^2); σ_{kgj} – average value of the backscattering cross-section for 1 kg fish (m^2); N_j^{catch}, W_j^{catch} – numbers, biomass fish in the catch (pcs., kg); D_k – integration interval length (nmi); P_j – proportion by σ in catch; w_{ij} – weight of fish of the “ i ” length, the “ j ” species (kg); N_{ij}^j, W_{ij}^j – numbers, biomass of fish, calculated per unit research area (pcs., kg)

Fig. 3. Interface of the «SALTSE» program

Fig. 4. «Echogram» window

Fig. 5. Examples of the acoustic image in a different color palette, depending on the model of the echosounder: A – EK-60; Б – Kaijo; B – BioSonics; Г – Furuno FQ80

Fig. 6. Echogram with loaded trawling layer according to data from the trawling probe FS20/25

Fig. 7. «Interpretation» window

Fig. 8. «DataBase» window

Fig. 9. «Histogram» window

Fig. 10. Settings of the «SALTSE» program

Fig. 11. Structure of the integrated database

Fig. 12. Table «Surveys»

Fig. 13. Table «Haul»

Fig. 14. Table «Haul Catch»

Fig. 15. Table «Haul Length»

Fig. 16. Table «Object Param»

Fig. 17. Window of the program «Sumfiles»

Fig. 18. Example of the final file of the program «Sumfiles»: the number (ths. pcs.) by the length of the object (A), by depth (B)

Fig. 19. Window of the «TxtConvert» program

Fig. 20. Window of the «Sounder» program

Fig. 21. Spatial distribution of walleye pollock in the Okhotsk Sea (ths. pcs./ nmi^2) according to the data of echointegration measurements (spring 2018)

Fig. 22. Vertical distribution of the density of walleye pollock aggregations s_A (m^2/nmi^2) and water temperature ($^{\circ}\text{C}$), along 57° N. lat. (western Kamchatka, April 2018)