УДК 621.39.96

ГИДРОАКУСТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВОДНОЙ СРЕДЫ

А.И. Гончар, Л.В. Нестеренко, С.Г. Федосеенков

Научно-технический центр панорамных акустических систем НАН Украины, Украина, г. Запорожье, ул. Чубанова, 1
E-mail: cpas@zp.ukrtel.net

В статье представлен гидроакустический модуль – совокупность гидроакустических средств для изучения строения дна акваторий дистанционными методами, как высокоэффективное средство экологического мониторинга водной среды. А так же показаны возможности обработки и визуализации информации гидроакустического модуля.

Введение. Использование гидроакустических средств для решения задач рационального природопользования и экологического мониторинга акваторий, обеспечивая высокую производительность и детальность обследования, сводится к обнаружению объектов, потенциально опасных в навигационном и экологическом отношении (притопленные или затонувшие инженерные сооружения, сбросы промышленных отходов, в том числе несанкционированные) и к обследованию подводных частей гидротехнических сооружений (цельность плотин, мостов, пирсов, обнаружение мест утечек нефти, газа из подводных трубопроводов и т.д.). Более широкий спектр решаемых задач относится к разведке природных ресурсов акваторий, оценке их текущего состояния в районах с интенсивной антропогенной нагрузкой, особенно в портовых зонах и водохранилищах.

Основная часть. Ранее разработанный в НТЦ ПАС НАН Украины гидроакустический модуль (гидролокаторы бокового обзора ГБО-50, ГБО-100М, ГБО-100МП, ГБО-500М, эхолот ЭМ-100 и профилограф ПГ-100) в составе многоцелевого автоматизированного модульно-блочного информационно-измерительного комплекса [1] (рис. 1) с привязкой к координатам и времени осуществляет, в зависимости от поставленных задач:

– детальное обследование рельефа дна акваторий по площади с обзором r на каждый борт в диапазоне глубин H с разрешающей способностью Δr:

– ГБО-50: r до 75 м при H до 20 м и Δr от 0,025 до 0,1 м;

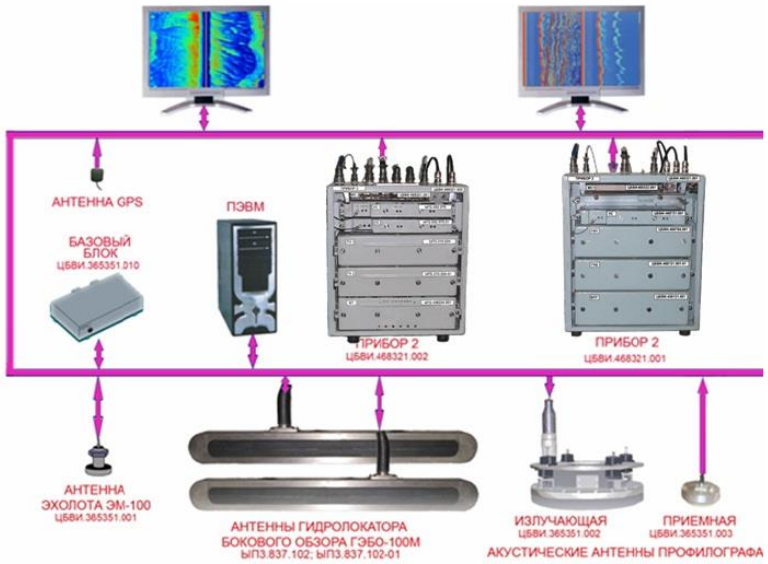
– ГБО-100МП, ГБО-100М: r до 400 м при H до 100 м и Δr от 0,25 до 2 м;

– ГБО-500М: r до 3200 м при H до 500 м и Δr от 1 до 10 м;

– ПГ-100 проводит стратификацию слоев донных отложений на глубине зондирования грунта до 100 м с Δr до 0,15 м;

– измерение глубин до 100 м со средней инструментальной погрешностью от 0,025 до 0,1 м.

Работой гидроакустического модуля управляет программа-сервер реального времени ПК1. Программа выполняет установку режимов работы модуля, прием данных с внешних интерфейсов ПК, первичную обработку, отображение, регистрацию, привязку к информации приемника GPS. Передача данных в компьютер ПК1 может осуществляться через интерфейс LPT, USB или Ethernet. Скорость передачи данных через интерфейс LPT порта составляет до 1,5 Мб/с в режиме EPP, через шину USB 2.0 – 60 Мб/с (максимальная), на полной скорости – 1,5 Мб/с. Скорость передачи данных по локальной сети Ethernet в контроллерах реализована на уровне 30 Мб/с. Компьютер ПК2 используется для задач псевдореальной обработки и разнесенной регистрации данных всех модулей и отдельных устройств судового комплекса средств мониторинга акваторий, связанных с компьютером ПК1 через локальную сеть. Между модулями и блоками судового комплекса передается разнородная по форматам информация. При передаче данных в локальную сеть программа-сервер реального времени “упаковывает” данные в пакеты в соответствии с внутренним форматом регистрации данных гидроакустического модуля.



Р и с. 1. Структура гидроакустического модуля для мониторинга акваторий

Программное обеспечение (ПО) обработки данных гидроакустического модуля в режиме псевдореального времени позволяет получать конечный продукт обследования акватории – эхограммы и планшет обследования с привязкой к координатам и времени [2]. В состав ПО входят программы реального времени приема и обработки информации и программное обеспечение псевдореального времени, обеспечивающее дополнительную и конечную обработку данных, составление отчетных материалов.

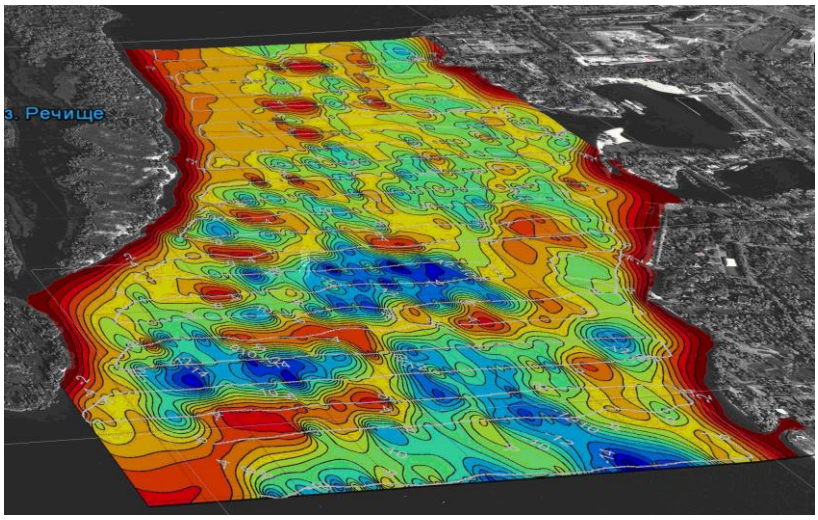
Гидроакустический модуль был усовершенствован, а именно, в аппаратной части модуля:

– увеличена разрядность оцифровки входного сигнала с 8 до 15 бит, что привело к увеличению динамического диапазона входного сигнала с 0–48 дБ до 0–90 дБ;

– увеличена частота дискретизации огибающей принятого сигнала с 7,7 до 30,8 кГц, что позволило увеличить точность отображения более чем в 4 раза.

В части усовершенствования обработки и визуализации информации гидроакустического модуля:

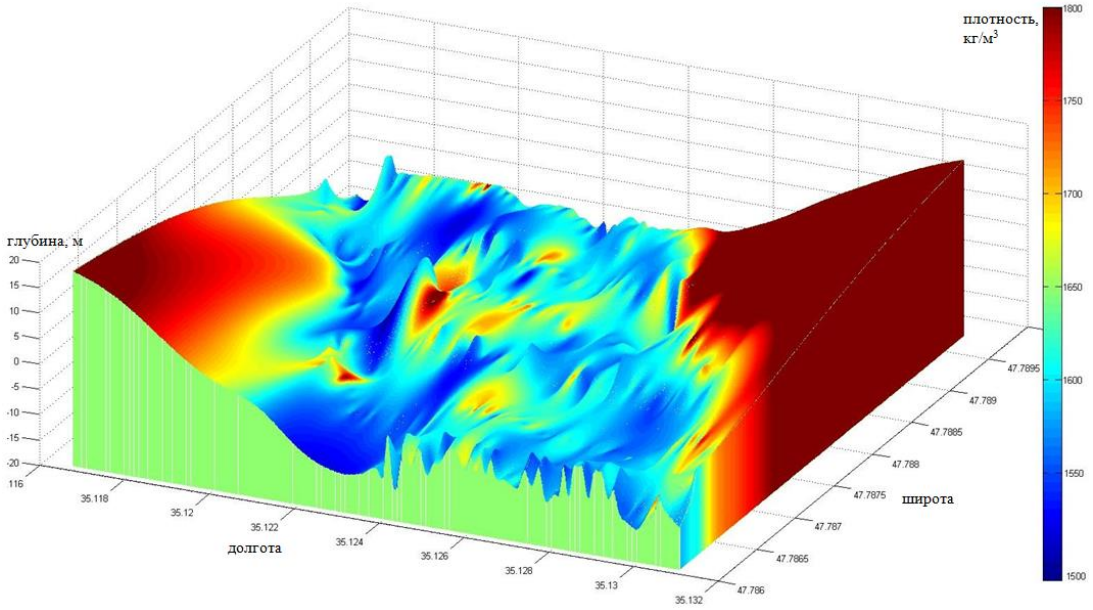
– разработана и проверена на р. Днепр методика создания батиметрических цифровых карт (рис. 2) рельефа дна, совмещенных со спутниковыми картами, с нанесением координат GPS, глубин, изобат (с дискретом 0.5,1....м), галсов по данным эхолота ЭМ-100.



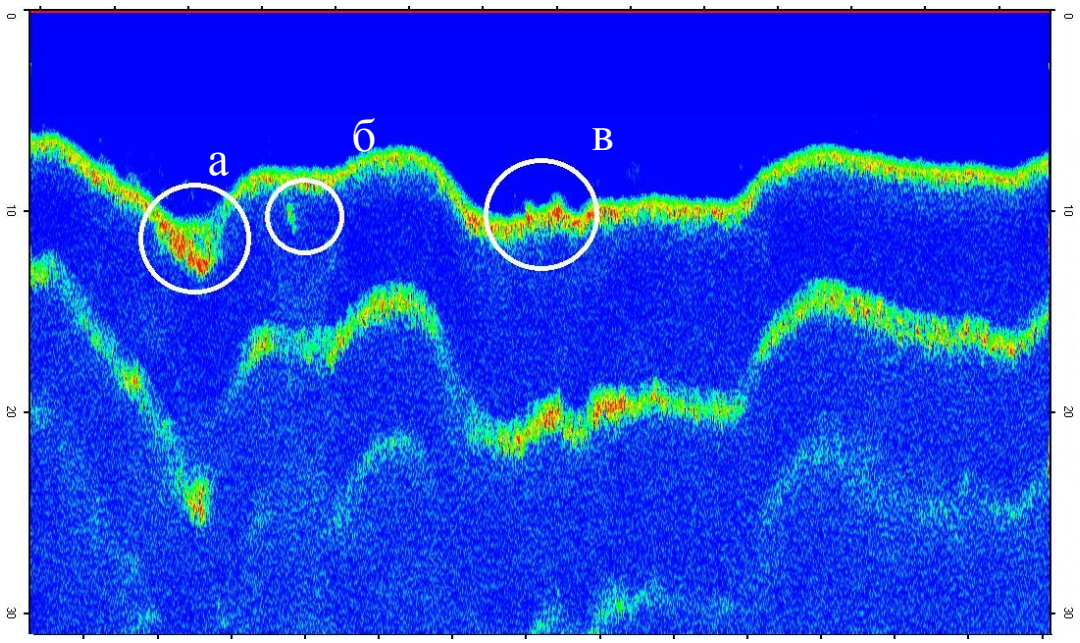
Р и с. 2. Батиметрическая карта, построенная по данным эхолота

Карты строятся на основе эффективных алгоритмов интерполяции [3]:

– разработано и проверено программное обеспечение, которое объединяет полученную информацию (глубину под судном, географические координаты и параметры донных отложений) в единый комплекс – полигон данных (рис. 3), который предоставляет возможность наглядно оценить влияние глубины и рельефа на структуру донных осадков. При этом обработка гидроакустической информации (отраженного сигнала от дна на рис. 4) профилографа проводится по технологии автоматизированной профильной грунтовой съемки [4, 5];



Р и с. 3. Полигон данных одного из обследованных районов р. Днепр, построенный по данным глубины под судном с нанесением интенсивности плотности верхнего слоя донных отложений



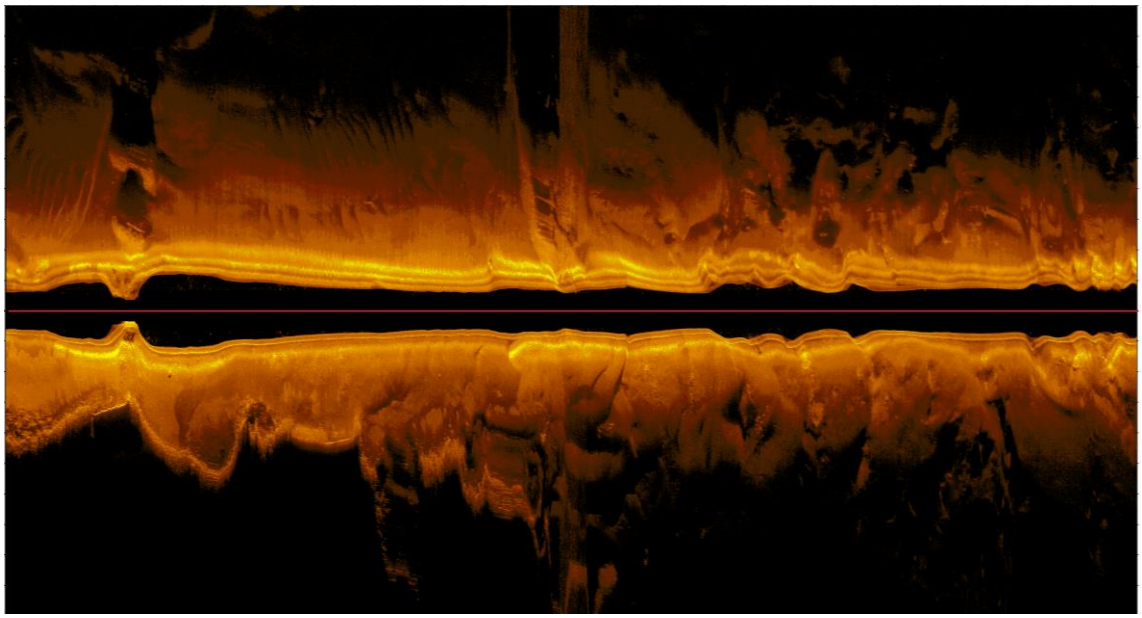
Р и с. 4. Пример профилограммы:
а) иловая яма; *б*) объект в толще дна; *в*) заиленные объекты

Усовершенствованный гидроакустический модуль позволил провести исследование отдельных районов р. Днепр, получить качественно новые данные, а именно:

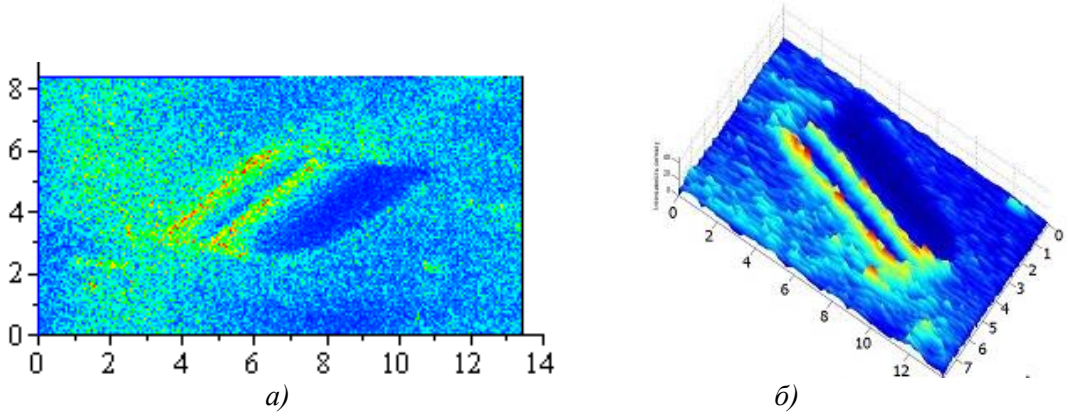
– детальное исследование рельефа дна (рис. 5), состояния и характерных особенностей донных отложений, подводных технических сооружений;

– стратификацию осадочных слоев и водной среды, дистанционное послойное определение типов грунтов;

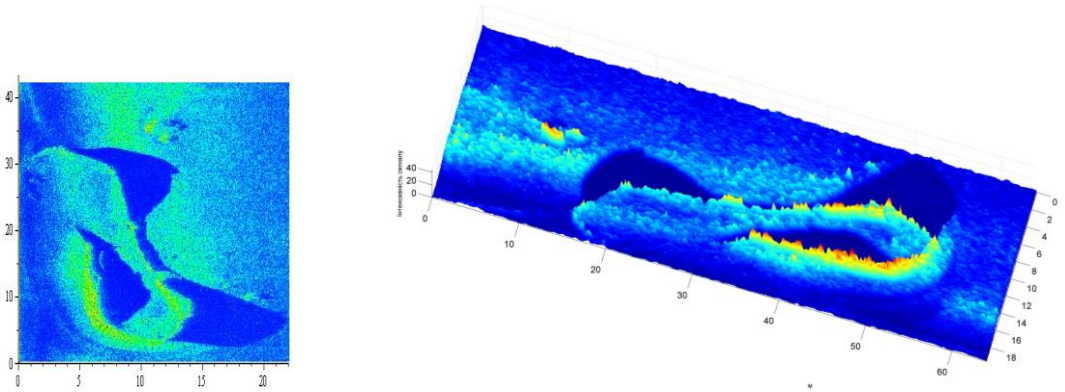
– выявление затопленных объектов искусственного происхождения, которые могут являться локальными источниками загрязнения (рис. 6, 7);



Р и с. 5. Пример эхограммы рельефа дна р. Днепр



Р и с. 6. Найденный объект правильной формы (длина около 12м):
а) фрагмент эхограммы; *б*) 3-D интенсивность эхо-сигнала



а) *б*)

Р и с. 7. Найденное судно (длина около 40 м):
а) фрагмент эхограммы; *б*) 3-D интенсивность эхо-сигнала

– согласно современным требованиям и возможностям геоинформационных технологий созданы электронные карты, отражающие специфику русел при построении цифровых моделей рельефа.

Заключение. Гидроакустический модуль имеет большую практическую направленность, является высокоэффективным автоматизированным информационно-измерительным средством экологического мониторинга водной среды. Методы обработки и визуализации информации гидроакустического модуля построены с учетом современных технологий и дают представление о проведенных исследованиях как специалисту в области гидроакустики, так и широкой общественности. С учетом заметного роста стоимости судового времени, основным направлением развития морских технологий в современных условиях стала комплексность и оперативность всех проводимых работ, что и обеспечивает гидроакустический модуль в составе комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гончар А.И., Худоконь В.В., Шлычек Л.И.* Обработка данных в многоканальной системе сбора и обработки информации комплекса средств экологического мониторинга акваторий // Гидроакустический журнал (Проблемы, методы и средства изучения Мирового океана). – 2009. – № 6. – С. 123–128.
2. *Гончар А.И., Худоконь В.В., Сафонов А.В.* Алгоритм построения планшета обследованной акватории с использованием спутниковых фотографий местности и эхограмм панорамного гидроакустического комплекса // Гидроакустический журнал (Проблемы, методы и средства изучения Мирового океана). – 2011. – № 8. – С. 77–86.
3. *David T. Sandwell*. Biharmonic spline interpolation of geos-3 and seasat altimeter data // Geophysical research letters. – 1987. – Vol. 14, No. 2. – P. 139–142.
4. *Методология* дистанционной профильной грунтовой съемки для определения типов донных отложений / А.И. Гончар, Ю.А. Гончар, О.С. Голод [и др.] // Тр. XII междунар. конф. «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики – ГА – 2014». – СПб., 2014. – С. 417–422.
5. *Вероятностная* оценка послойного определения литологических свойств донных отложений в профилограммах / А.И. Гончар, О.С. Голод, С.Г. Федосеенков [и др.] // Тр. XI междунар. конф. «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики – ГА – 2012». – СПб., 2012. – С. 265–268.