

Океанографические исследования: теория, методы и средства

А.И. Гончар, чл.-к. НАН Украины, д.т.н., с.н.с., директор

Научно-технический центр панорамных акустических систем НАН Украины, г. Запорожье
(Украина)

РОЛЬ ГИДРОАКУСТИКИ В ИЗУЧЕНИИ И ОСВОЕНИИ МИРОВОГО ОКЕАНА

*Океан – это пространство будущего
для человечества.*

Необходимым условием устойчивого развития экономики любого государства является эффективное использование всех ее природных ресурсов, поэтому одной из главных задач государств, geopolитически связанных с Мировым океаном, всегда было использование его ресурсных возможностей и изучение как в интересах развития фундаментальных наук, так и в целях решения приоритетных стратегических задач, обеспечения экономической безопасности страны.

В настоящее время Мировой океан изучается комплексно.

Основными направлениями изучения Мирового океана являются:

- изучение рельефа дна с целью составления навигационных карт (гидрографическое обеспечение судоходства);
- исследование состава и различных свойств (механических, акустических, магнитных, электрических и т.п.) морских грунтов и осадочных пород;
- изучение гравитационного, магнитного, электрического, теплового, радиационного и других полей в Мировом океане с целью создания морских специальных карт;
- выявление временного и пространственного распределения температуры как на поверхности океана, так и во всей его толще;
- наблюдение за уровнем океанов и морей;
- наблюдение за волнением в прибрежной зоне и в открытых районах Мирового океана;
- изучение процессов взаимодействия океана и атмосферы, а также глобальных процессов, образующих климат, с целью выработки долгосрочных и среднесрочных прогнозов этих явлений;
- изучение параметров, определяющих характеристики льда и динамики ледяного покрова;
- изучение акустического взаимодействия океанской толщи и дна с целью создания геолого-акустических моделей отдельных районов Мирового океана.

Для эффективного решения задач изучения Мирового океана необходимо создание новых технологий и технических средств для их осуществления.

Одним из важных требований к технологиям и техническим средствам является требование по обеспечению возможности создания фундаментальной теории моделей рельефа и грунта дна, гравитационного, магнитного и электрического полей океана. Предполагается, что в основу методологии создания таких моделей можно будет заложить принцип комплексной съемки морских акваторий и, соответственно, создание морских информационных технологий, под которыми понимается целостный процесс и технология сбора, обработки и доставки информации потребителю.

Составными частями морских информационных технологий являются:

- датчики, измеряющие параметры полей разной физической природы (рис.1) [1];
- телекоммуникационные системы доставки информации;
- геоинформационные системы обработки, архивации и визуализации информации

[2].

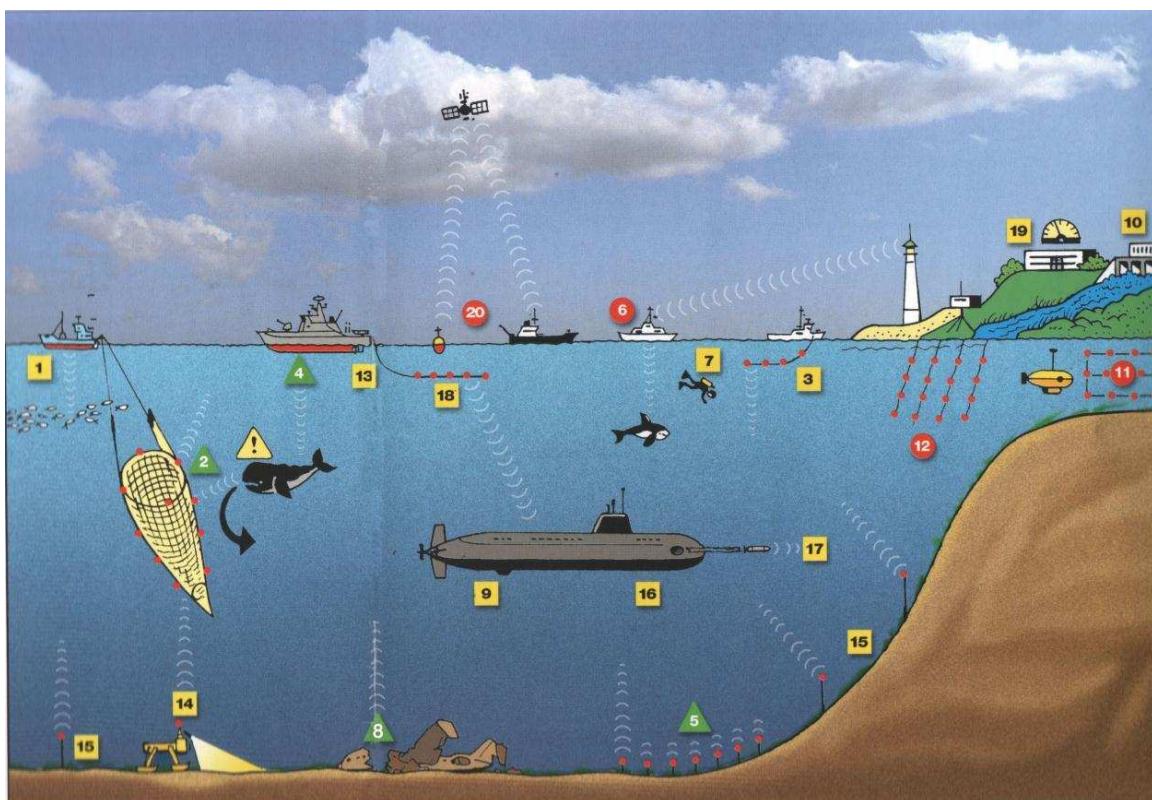


Рисунок 1 – Геоакустические средства (датчики) как основа различных технологий [1]:

- 1 – локация рыб; 2 – приборы, отпугивающие морских млекопитающих; 3 – сейсмические исследования; 4 – гидроакустический маяк-ответчик; 5 – мониторинг месторождения нефти; 6 – запись морских млекопитающих; 7 – подводный телефон; 8 – аварийный гидроакустический маяк; 9 – измеритель скорости звука; 10 – измеритель параметров потока; 11 – измеритель акустического шума; 12 – устройство береговой защиты; 13 – эхолот; 14 – прокладка кабелей (контроль коммуникаций); 15 – ретранслятор навигационного маяка-ответчика; 16 – устройства навигации; 17 – слежение за целью; 18 – буксируемая антенная решетка; 19 – устройство калибровки

Важное значение приобретают аспекты изученности Мирового океана как основы для планирования исследований и обмена достоверной картографической информацией.

Под гидрографической изученностью понимается определенный уровень знаний о рельефе дна, характере донного грунта и стратификации осадочных пород, т. е. знаний об объектах в Мировом океане, которые непосредственно связаны с литосферой и имеют в силу этого стационарный или почти стационарный (квазистационарный) характер.

Большое значение имеет знание точного профиля дна в прибрежной части, наиболее подверженного изменениям под воздействием прибоя или сильных штормов.

Изучение общих закономерностей изменчивости рельефа дна в прибрежной части позволяет разработать методику прогнозирования изменения берегового профиля. Исходными данными для такого прогнозирования являются гидрометеорологические факторы, а также свойства донного грунта.

При проведении гидрографической съемки решаются следующие задачи [3]:

1. Сбор данных, включающих конфигурацию береговой черты и представляющих интерес для мореплавателей:

- глубины в районе, включая все потенциальные опасности для судоходства и другой морской деятельности;
- состав морского дна;
- сведения о физических характеристиках воды на различных горизонтах.

2. Обработка собранной информации для формирования упорядоченных баз данных в целях создания морских навигационных карт, тематических карт и пособий для обеспечения:

- морского судоходства и управления движением судов;
- военно-морской деятельности;
- сохранения окружающей среды;
- освоения природных ресурсов и прокладки подводных кабелей и трубопроводов;
- определения морских границ (применения морского права);
- научных исследований.

Решение актуальных задач освоения богатств Мирового океана требует непрерывного совершенствования гидроакустических средств, поиска новых методов и идей их создания, а с учетом стоимости судового ходового времени исследования и мониторинг акваторий должны выполняться комплексно.

В концептуальном плане комплексный мониторинг акваторий включает исследование гидрологических, гидрохимических, геофизических, гидрометеорологических и гидроакустических характеристик. Помимо этого, в систему экологического мониторинга прибрежной зоны, которая подвергается воздействию граничных сред, необходимо включение демографических и социально-экономических данных [4].

В НТЦ ПАС НАН Украины проводятся фундаментальные и прикладные исследования и создание новых образцов гидроакустических панорамных средств обследования акваторий, поиска и обнаружения затонувших объектов, в т. ч. малоразмерных, исследований рельефа дна, профилирования и стратификации донных отложений, контроля целостности подводных инженерных сооружений и разведки сырьевых ресурсов Мирового океана (гидролокаторы бокового обзора ГБО-50, ГБО-100МП,

ГБО-500М, профилограф ПГ-100, эхолот ЭМ-100).

В результате проведенных исследований разработаны и реализованы алгоритмы аналитико-численных методов моделирования структуры и пространственного распределения акустических свойств донных отложений, позволяющие синтезировать их структурно-акустические модели (рис. 2).

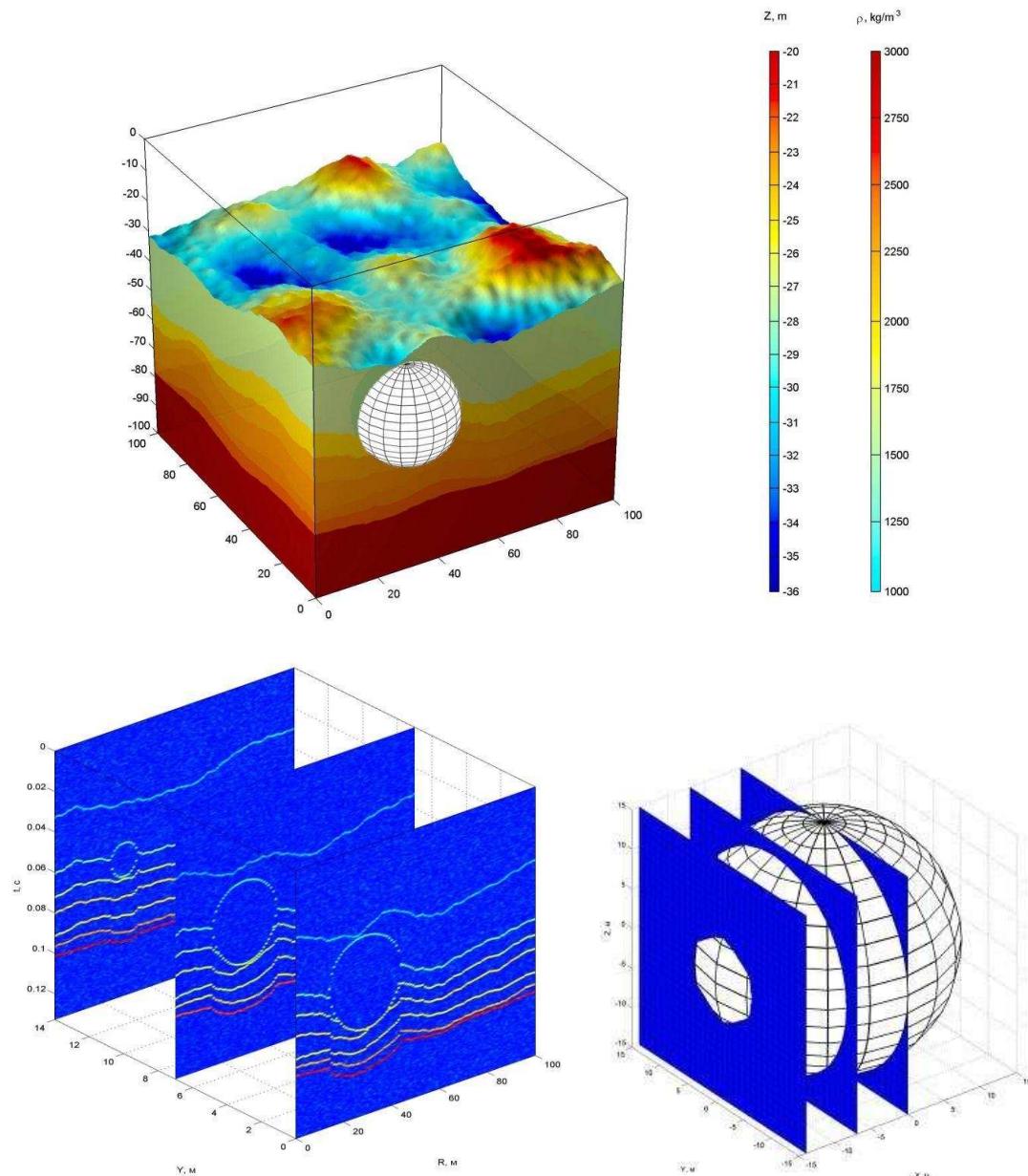


Рисунок 2 – Модель слоистого дна без включений и пустот с 7 слоями, отличающимися друг от друга импедансными характеристиками (плотностью и скоростью звука)

Разработан и внедрен алгоритм синтеза апертуры антенны для повышения разрешающей способности по направлению гидролокаторов бокового обзора, что существенно повышает их эффективность при выполнении навигационно-гидрографических и поисковых работ, исследований донных структур и моноструктуры водной среды (рис. 3).

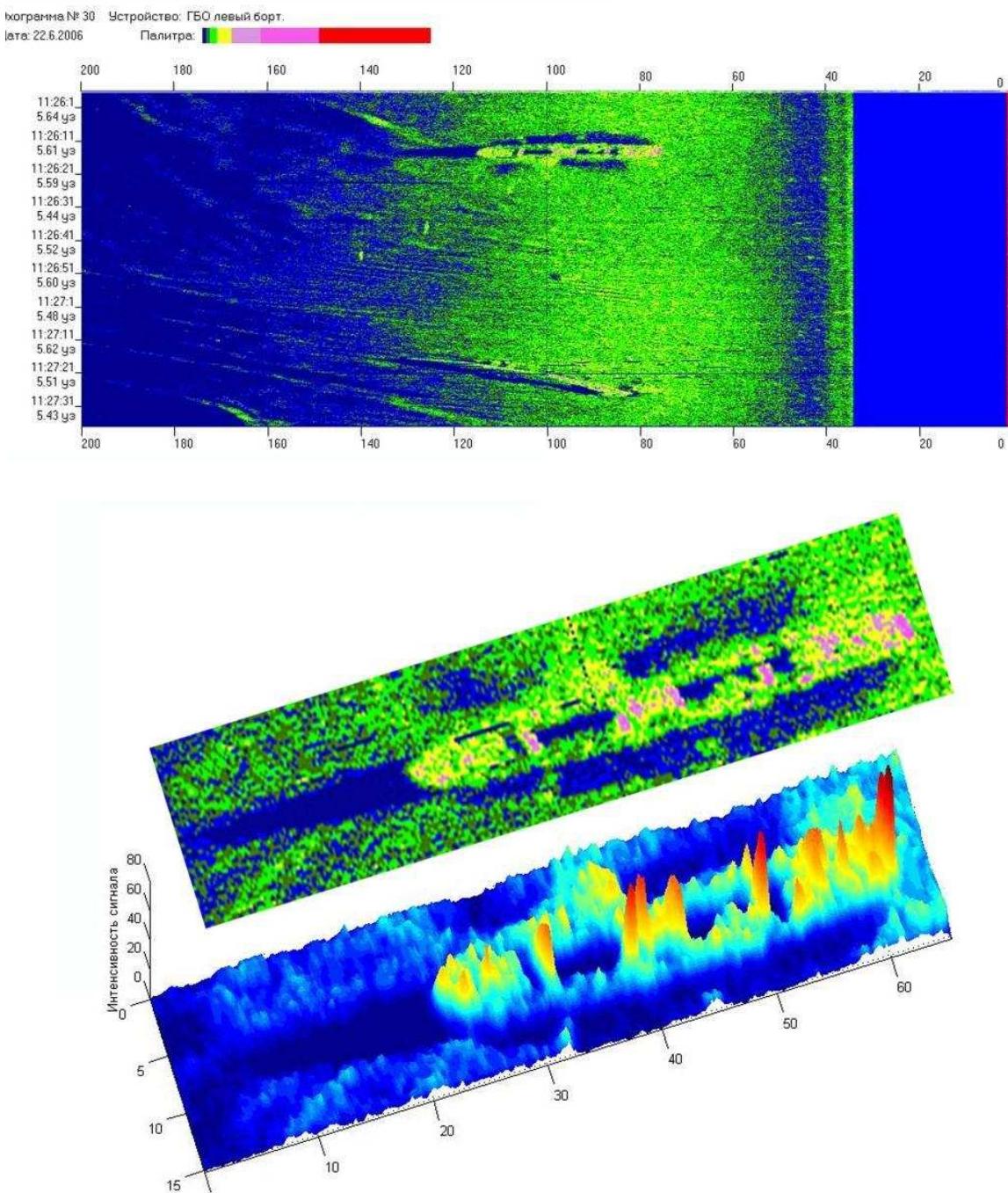


Рисунок 3 – Эхограмма затонувшего судна и 3D-изображение сигнала от затонувшего судна

Разработаны и реализованы алгоритмы обработки информации гидроакустического профилографа (рис. 4), которые позволяют определять по интегральным формам спектра отраженного сигнала основные акустические характеристики слоев донных отложений, выделять в разрезе донных отложений границы изменений грунтов с послойным определением коэффициента отражения, определять тип грунта с классификацией по четырем гранулометрическим классам (ил, глина, песок, скальный грунт).

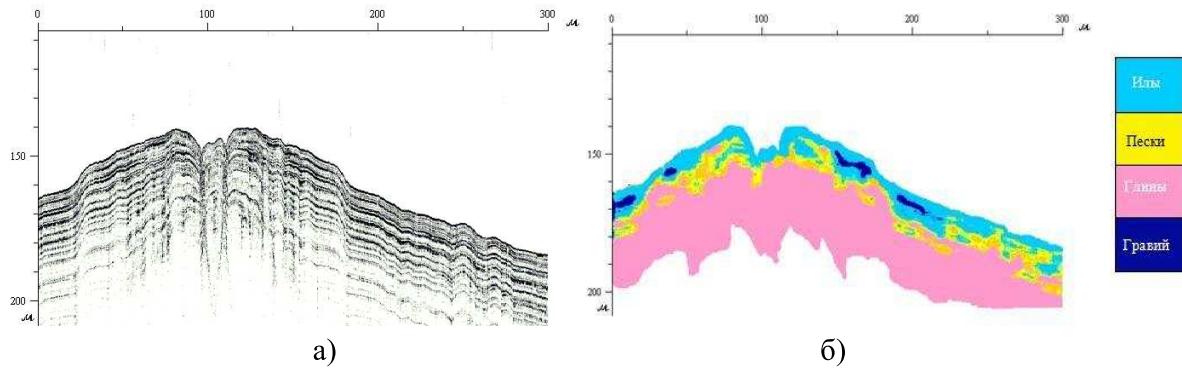


Рисунок 4 – а) Реальная профилограмма;
б) Классификация донных отложений по литологическим классам

Разработана пространственная математическая модель неоднородных донных структур со сложным рельефом и широким спектром акустических свойств, что позволяет осуществлять детальную верифицированную интерпретацию донных эхограмм, определять особенности акустических откликов от поверхности дна, слоистых донных структур, неоднородностей, полостей и включений (рис. 5).

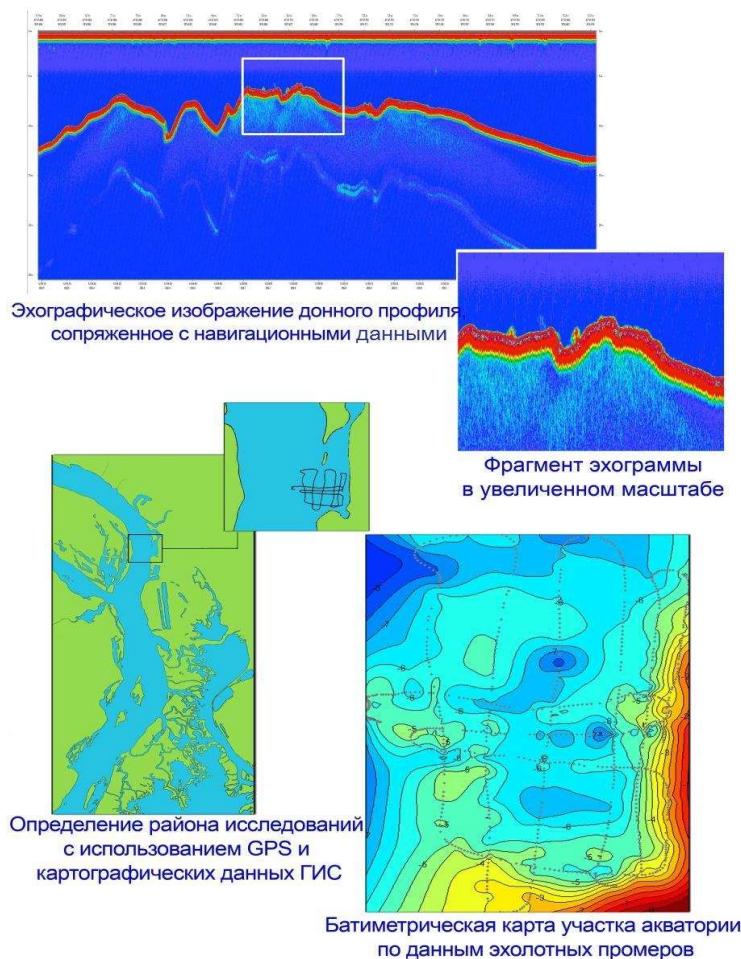


Рисунок 5 – Примеры эхограмм и постобработки данных, полученных с помощью эхолота

Разработан на базе локальной сети судна многоцелевой автоматизированный модульно-блочный информационно-измерительный комплекс (рис. 6), позволяющий объединить разные модули в единую систему и в то же время выполнять распределенные вычисления, обработку и регистрацию данных. Распределенное накопление данных значительно повышает надежность работы комплекса и сохранение данных в режиме реального времени. Параллельное выполнение процессов реального времени и постобработки (псевдореальной обработки) по мере накопления данных системы повышает оперативность получения информации и, соответственно, принятие решений при выполнении обследования акваторий и подготовке отчетных материалов.



Рисунок 6 – Многоцелевой автоматизированный модульно-блочный информационно-измерительный комплекс

Впервые разработано программное обеспечение гидроакустического модуля (в составе гидролокатора бокового обзора, эхолота, профилографа, приемника GPS), которое объединяет полученную информацию (глубину под судном, географические координаты и параметры донных отложений) в единый комплекс – полигон данных, который предоставляет возможность оценить влияние глубины и рельефа дна на структуру донных отложений. Примеры эхограмм приведены на рис. 7, 8.

Впервые посредством обработки гидроакустической информации (отраженного от дна и донных отложений сигнала) определены физико-механические и акустические свойства верхнего слоя донных отложений (рис. 9), а также типы приповерхностных грунтов на 54 станциях с вероятностью не менее 0,85 и надежностью 0,988.

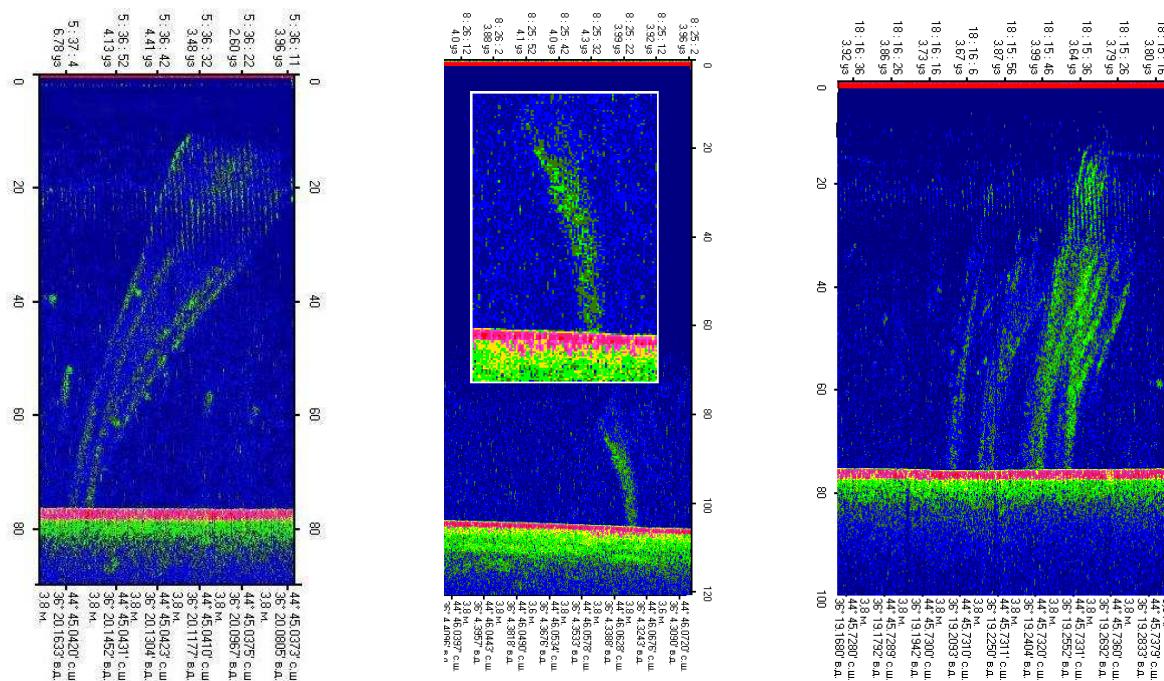


Рисунок 7 – Вертикальный профиль толщи воды с газовыми факелами

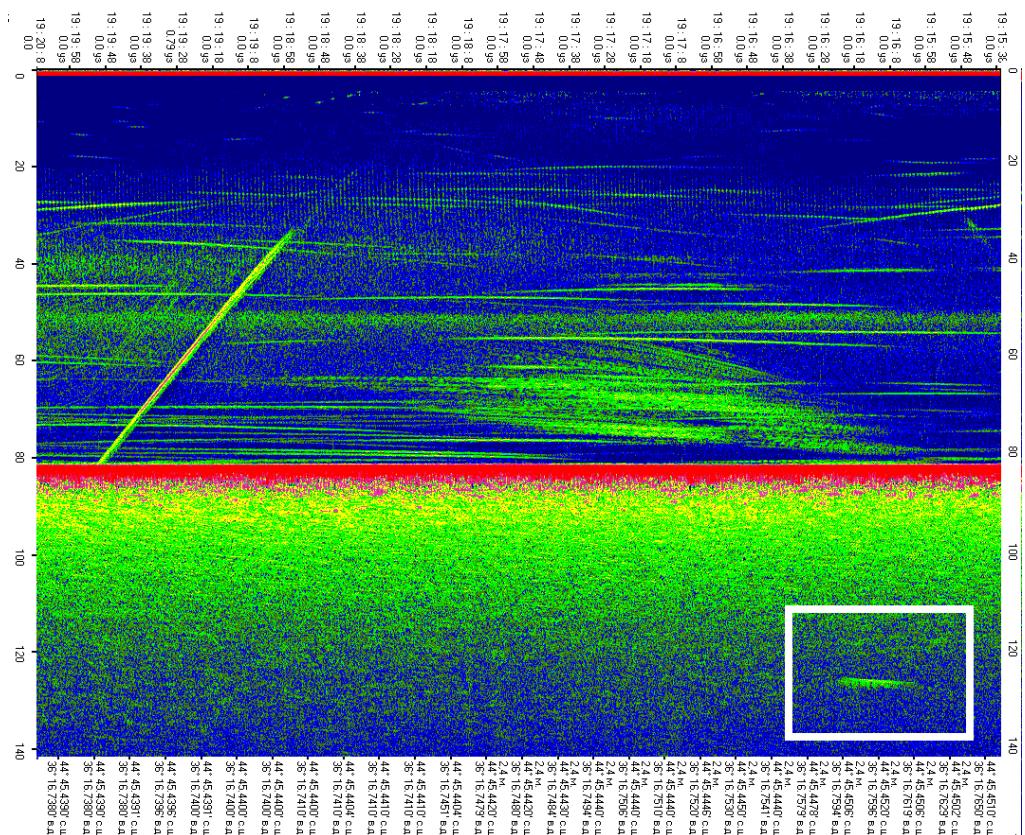


Рисунок 8 – Грунтовая трубка (слева), объект в толще дна (справа)

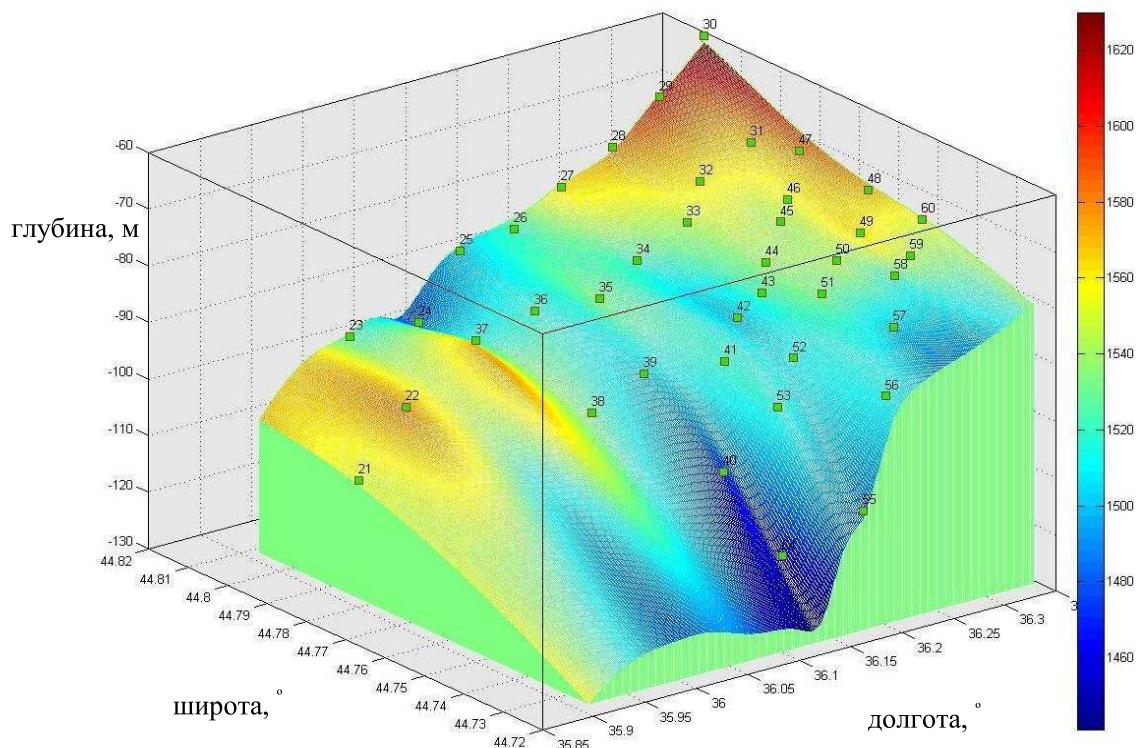


Рисунок 9 – 3-D визуалізація району обслідування №1, яка построена по даним глибини с нанесеною інтерполяцією інтенсивності плотності и обозначенными станциями

Многоцелевой автоматизированный модульно-блочный информационно-измерительный комплекс (ГБО-100М, ГБО-50, ГБО-100МП, ГБО-100МПА, ГБО-500М, эхолот ЭМ-100, экспериментальный образец параметрического профилографа ПГ-100) имеет значительную практическую направленность и позволяет выполнять:

- исследование дна и донных отложений;
- разведку сырьевых ресурсов (минеральных и биологических);
- экологический мониторинг акваторий во время их добычи и транспортировки;
- комплексный мониторинг эксплуатации трубопроводных систем углеводородного сырья;
- обеспечение навигационной безопасности, поиска и обнаружения затонувших малоразмерных технических объектов (мин, торпед, боеприпасов, в том числе заиленных).

В комплексе внедрены разработанные технологии (современные алгоритмы и программное обеспечение) геоакустических исследований акваторий с предоставлением:

- эхограмм дна, которые сопровождаются служебной информацией в виде текущего времени и координат;
- электронного планшета исследования с автоматическим нанесением на него схемы галсов движения носителя с привязкой к координатам и номеров файлов эхограмм, полученных на каждом галсе;
- изобатической карты с выявленными на дне объектами;
- полного гидролокационного изображения дна на планшете обследования с привязкой к географическим координатам.

Созданный комплекс способствует развитию фундаментальных широкомасштабных гидроакустических, экологических и других исследований,

разработки новых приоритетных высокоеффективных многоцелевых гидроакустических средств.

Таким образом, в НТЦ ПАС НАН Украины благодаря выполняемым фундаментальным и прикладным исследованиям получило дальнейшее развитие актуальное направление создания панорамных гидроакустических методов и средств обследования акваторий в обеспечение навигационной и экологической безопасности хозяйственной деятельности в Мировом океане.

Выводы

Глобальной проблемой океанологии, океанографии, гидроакустики нашего времени является:

- создание и развитие единой математической теории расчетов и интерпретации геофизических полей в океане, полностью адекватной природным соотношениям и потребностям практики;
- создание многофункциональных интеллектуальных АНПА с высокоеффективными гидроакустическими комплексами;
- создание многолучевых комплексов для высокоточного картографирования;
- удержание паритета и получение приоритета в исследованиях Мирового океана: классификация донных структур и технических объектов (газогидраты, ЖМК, полиметаллические сульфиды, мины, торпеды, кабели, трубопроводы и др.);
- развитие геоинформационных технологий;
- создание цифровых гидроакустических комплексов 3D-отображения информации для решения задач фундаментальных и прикладных исследований Мирового океана и обеспечения стратегической и экономической безопасности государства.

Литература

1. www.sylvesteroksvig.dk
2. Гончар А.И., Шлычек Л.И. Современные гидроакустические технологии в изучении и использовании Мирового океана // Сборник докладов международной конференции «Проблемы, методы и средства исследования Мирового океана». Сб. науч. тр. – Запорожье: НТЦ ПАС НАН Украины. – 2013. – с. 15-25.
3. Гулиянц Р.Ц. Комплексный мониторинг и особенности эксплуатации подводных трубопроводных систем углеводородов / Р.Ц. Гулиянц, Ю.А. Корякин, А.А. Комарицын [и др.] // Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики ГА-2004: VII междунар. конф., 8-10 июня 2004 г.: труды конф.– СПб. – 2004. – С.132-136.
4. Корякин Ю.А. Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы / Корякин Ю.А., Смирнов С.А., Яковлев Г.В. – СПб: Наука, 2005. – 410с.

Стаття надійшла до редакції 11 грудня 2013 р. російською мовою