

Kaevitser Vladlen Iosifovich – V.A. Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics (Fryazino Branch), Russian Academy of Sciences; e-mail: kvi@ms.ire.rssi.ru; 1, Vvedensky sq., Moscow reg., Fрязино, 141190, Russia; phone: +74965652451; deputy director; dr. of eng. sc.

Krapivin Vladimir Feodorovich – e-mail: vkrapivin_36@mail.ru; head of informatics department; dr. of phis.-math. sc.; professor.

Mkrtchyan Feredenant Anushavanovich – e-mail: ferd@ms.ire.rssi.ru; leading scientist; dr. of phis.-math. sc.; professor.

Klimov Vladimir Valerianovich – e-mail: klimov47@list.ru; cand. of phis.-math. sc.; associate professor; senior scientist.

УДК 551.463.621.391

В.И. Каевицер, В.М. Разманов, И.В. Смольянинов, А.В. Элбакидзе

**АКУСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКОГО ДНА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛОВ С ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТОТНОЙ
МОДУЛЯЦИЕЙ (ЛЧМ)**

На примере локации морского дна в районе Таманского полуострова показаны возможности применения гидролокационных акустических систем с линейно-частотно-модулированным сигналом для обнаружения подводных грязевых вулканов. Использование линейно-частотно-модулированных сигналов позволяет не только обнаруживать и определять координаты, но и изучать структуру и строение подводных грязевых вулканов. Применение параметрического профилографа, обладающего необычайной широкополосностью и, за счет этого, – возможностью использования сигналов с линейной частотной модуляцией должно повысить разрешение и классификацию донных отложений.

Акустический профилограф; параметрический профилограф; ЛЧМ-сигнал.

V.I. Kaevitser, V.M. Razmanov, I.V. Smolyaninov, A.V. Elbakidze

ACOUSTIC STUDIES OF THE SEA-BOTTOM USING CHIRP SIGNALS

On the example of the location of the seabed in the area of the Taman Peninsula shows the possibilities of application of acoustic sonar systems with linear frequency-modulated signal for the detection of submarine mud volcanoes. Using a linear frequency-modulated signals can not only detect and determine the coordinates of lyat, but also to study the structure and the structure of underwater mud volcanoes. The use of parametric profiler possessing extraordinary broadband and, through this, –the ability to use signals with linear frequency modulation should increase the resolution and classification of bottom sediments.

Acoustic profiler; parametric profiler; chirp signal.

Дистанционные методы изучения морского дна с помощью гидролокационных систем различного типа стали обязательной частью морских изысканий. При этом развиваются как сами приборы, так и методики извлечения из экспериментальных данных гидрофизической и геолого-морфологической информации. В последние годы активно развиваются гидролокационные комплексы, использующие зондирующие сигналы с линейной частотной модуляцией и когерентной обработкой эхо-сигналов. При этом полезная информация содержится как в амплитудных и частотных, так и фазовых характеристиках эхо-сигналов [1, 2].

Летом 2011 г. в районе Таманского полуострова ФирЭ им. В.А. Котельникова РАН проводил испытания гидролокационного комплекса в составе эхолота-профилографа и интерферометрического гидролокатора бокового обзора (ГБО) с

ЛЧМ зондирующим сигналом. Профилирование проводилось в прибрежной зоне с глубинами от 5 до 20 метров с применением когерентных ЛЧМ сигналов и с корреляционной обработкой в диапазоне 5 кГц. Глубина профилирования составляла до 30 м в зависимости от характера донных отложений. Для получения акустических изображений поверхности и батиметрической съемки применялся интерферометрический ГБО диапазона 240 кГц. Разрешающая способность эхолота-профилографа около 20 см, ГБО – 5 см.

В ходе проведенных испытаний на морском дне были выявлены объекты, которые с большой долей вероятности могут быть связаны с грязевыми вулканами [3]. На рис. 1, для примера, приведены данные зондирования эхолотом-профилографом донных отложений в Черном море в районе мыса Панагия. Координаты конуса вулкана: 45.152° северной широты, 36.608° восточной долготы.

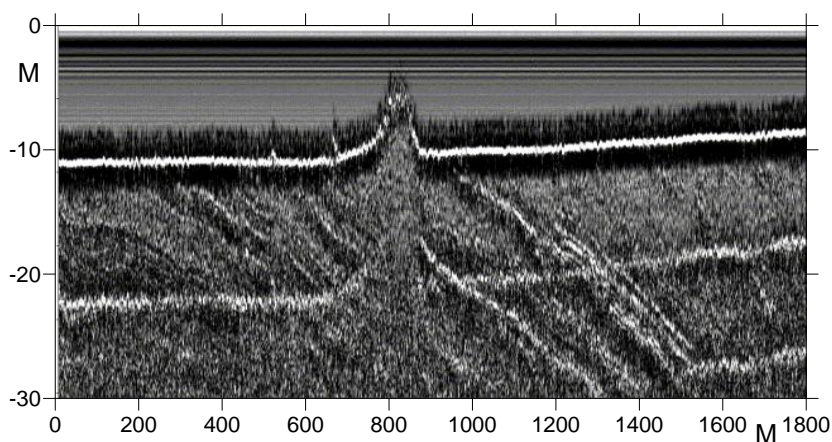


Рис. 1. Данные профилирования морского дна с характерными признаками грязевого вулканизма

С геологической точки зрения выделенные объекты можно отнести к положительным морфоструктурам, которые имеют вертикальные подводящие каналы, прорывающие пласты моноклинально-залегающих пород. Глубины моря в этом месте составляют около 9 метров. На рис. 1 относительное возвышение вершины конуса над дном достигает 4 метров. Постройка в плане имеет эллипсоидальную форму (разлапистая) и вытянута в северо-западном направлении с весьма пологими склонами. Размер структуры составляет 210×60 метров и по морфологическим признакам вполне может соответствовать вулканическим постройкам.

Дополнительную информацию по уточнению и интерпретации отмеченных явлений можно получить, анализируя акустические изображения и данные батиметрии, полученные гидролокатором бокового обзора [2]. На рис. 2 показано акустическое изображение дна, соответствующее профилограмме в рис. 1. Данные представлены в виде выложенного на карту фрагмента мозаики. Стрелками отмечено соответствие отдельных элементов профилограммы и акустического изображения. Видно, что донная поверхность в районе вулкана имеет более шероховатую, складчатую структуру по сравнению с близлежащими окрестностями.

На рис. 3 показано трехмерное изображение подводной структуры (грязевого вулкана), построенное интерферометрическим ГБО. Трасса профилирования донной поверхности на этом рисунке отображена в виде черной линии. Размер участка по вертикали 300 метров, по горизонтали – 400 метров.

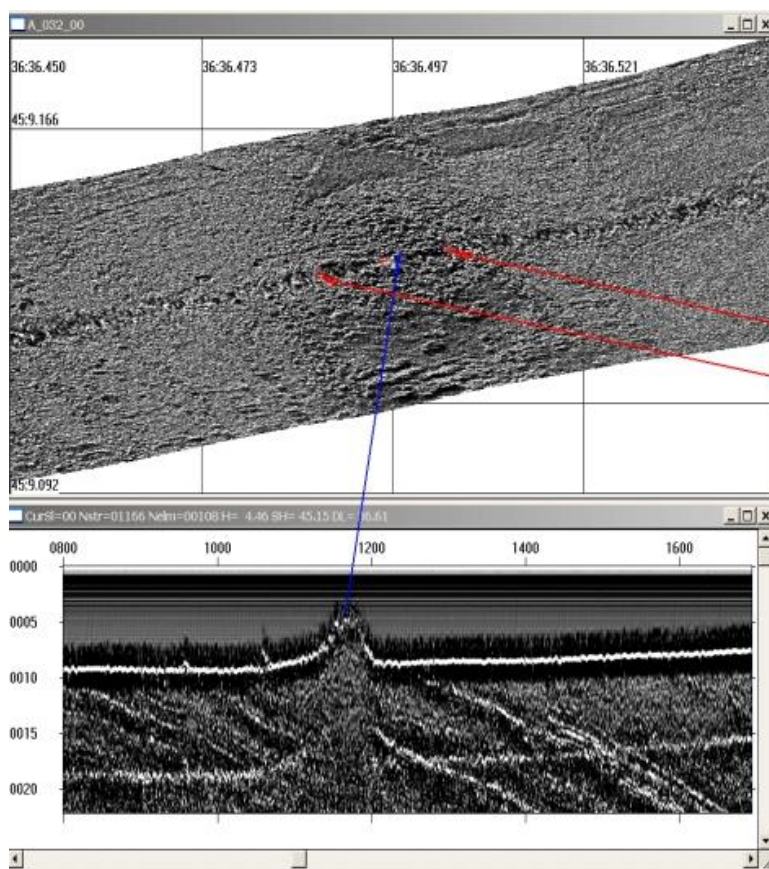


Рис. 2. Профилограмма и акустическое изображение участка морского дна с подводным грязевым вулканом

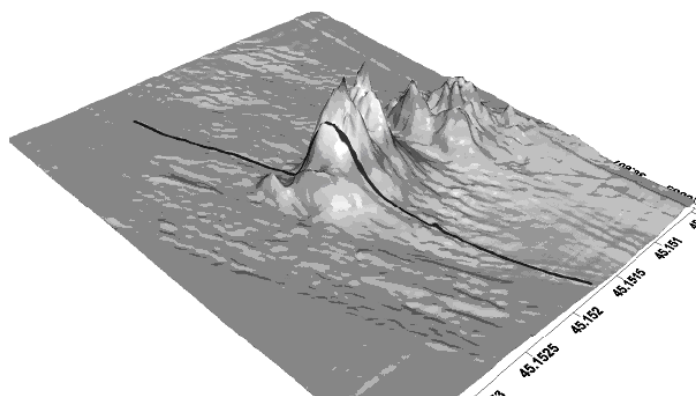


Рис. 3. Трехмерное изображение подводного грязевого вулкана

Одним из перспективных методов профилирования донных отложений является применение параметрических профилографов, которые по сравнению с линейными обладают лучшей направленностью [4]. Для повышения технических

характеристик параметрических профилографов рассмотрим применение в них ЛЧМ зондирующих сигналов. Ожидаемые при этом преимущества – это увеличение энергетического потенциала в сотни и тысячи раз за счет большой базы сигнала и компенсация потерь параметрической антенны, связанной с низким КПД. Увеличение точности классификации донных отложений требует увеличения разрешающей способности и фазовой стабильности профилографа.

Для этой цели в ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН при технической поддержке ТРТУ, разработавшей параметрический излучатель, создан и испытан параметрический эхолот с применением зондирующих линейных частотно-модулированных сигналов. Расширение спектра зондирующего сигнала разностной частоты достигнуто применением в каждой антенне сигнала с линейной частотной модуляцией, с разным знаком девиации частоты. В качестве примера:

1. Излучаемый сигнал антенны № 1 – импульсный, с линейной частотной модуляцией, с изменением частоты от 144,5 до 141 кГц.
2. Излучаемый сигнал антенны № 2 – импульсный, с линейной частотной модуляцией, с изменением частоты от 145 до 149,5 кГц.

В результате нелинейного эффекта получается разностный сигнал с линейной частотной модуляцией и девиацией частоты 7 кГц (от 1 до 8 кГц), что позволяет получить разрешение по дальности 10.7 см и увеличить глубину зондирования за счет излучения сигнала в низкой части частотного диапазона 1–8 кГц.

Морские испытания параметрического профилографа проводили в Финском заливе Балтийского моря. Прием разностного сигнала производился на широкополосный гидрофон. На рис. 4 приведена эхограмма принятого сигнала на разностной частоте. На рисунке следует отметить отличие параметрического профилографа от линейного – не видно прямого прохождения в приемник зондирующей посылки, что подтверждает отсутствие у параметрического излучателя боковых лепестков. Глубина около 3,2 м. Вертикальная качка около 20 см. Хорошо виден слой донных отложений мощностью около 80 см. По слабому коэффициенту отражения и слоистой структуре это, по-видимому, илистые отложения.

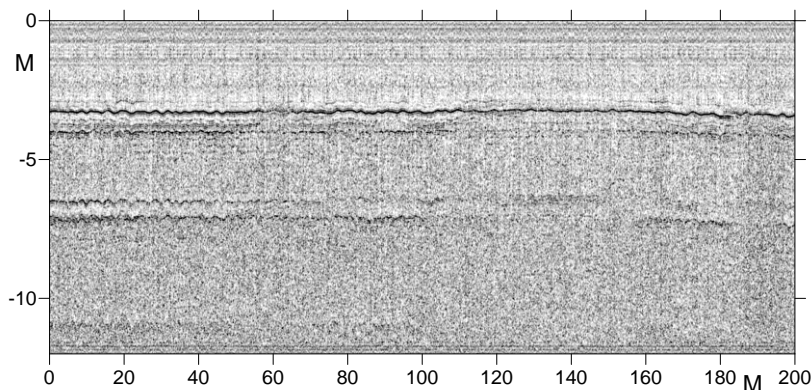


Рис. 4. Эхограмма сигнала принятого на широкополосный гидрофон

Комплексное применение гидролокационных систем с сложными зондирующими сигналами, построенных по когерентной схеме и использующих корреляционные методы обработки эхосигналов, позволяет существенно увеличить информативность морских изыскательских работ различной направленности. При этом параметрические эхолоты, использующие подобные схемы, могут дать существенное улучшение дистанционных методов классификации донных отложений по методике, изложенной в работе [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Каевичер В.И., Разманов В.М., Кривцов А.П. и др.* Дистанционное зондирование морского дна акустическими сигналами с линейной частотной модуляцией // Радиотехника. – 2008. – № 8. – С. 35-42.
2. *Гуляев Ю.В., Захаров А.И., Каевичер В.И.* Дистанционные измерения вариаций скорости звука в донных отложениях по данным акустического профилирования. – ДАН. – Т. 413, № 2. – С. 207-210.
3. *Шнюков Е.Ф., Соболевский Ю.В., Гнатенко Г.И. и др.* Грязевые вулканы Керченско-Таманской области. – Киев, 1986. – 150 с.
4. *Мерклин Л.Р., Тарасов С.П., Тимошенко В.И.* Эхо-спектроскопия придонных геологических слоев параметрическим гидролокатором // Океанология АН СССР. Приборы и методы исследований. – 1990. – Т. 30. – Вып. 2. – С. 25-28.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор С.П. Тарасов.

Каевичер Владилен Иосифович – ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН; e-mail: ilia@ire.rssi.ru; 141190, Московская обл., г. Фрязино, пл. акад. Б.А. Введенского, 1; тел.: 84965652451; зам. директора; д.т.н.

Разманов Владимир Михайлович – e-mail: ilia@ire.rssi.ru; к.ф.-м.н.; с.н.с.

Смолянинов Илья Вячеславович – e-mail: ilia@ire.rssi.ru; н.с.

Элбакидзе Андрей Владимирович – e-mail: ilia@ire.rssi.ru; с.н.с.

Kaevitser Vladilen Iosifovich – Kotel'nikov Institute of Radio Engineering and Electronics of RAS; e-mail: ilia@ire.rssi.ru; 1, Vvedensky sq., Moscow reg., Fрязино, 141190, Russia; phone: +74965652451; deputy director; dr. of eng. sc.

Razmanov Vladimir Mixajlovich – e-mail: ilia@ire.rssi.ru; senior scientist; cand. of phis.-math. sc.

Smolyaninov Il'ya Vyacheslavovich – e-mail: ilia@ire.rssi.ru; research associate.

Elbakidze Andrej Vladimirovich – e-mail: ilia@ire.rssi.ru; senior scientist.

УДК 504.4.054.546.47

А.И. Забалуева, Н.К. Плуготаренко, А.И. Бахмацкая

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КАЧЕСТВА ВОД ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

Одним из наиболее актуальных вопросов экологического состояния водных бассейнов был и остается вопрос техногенного загрязнения водоемов. Данная статья рассматривает проблемы загрязнения водных объектов на примере Азовского моря, являющегося уникальным по многим параметрам, внутренним водоемом. Выделены основные источники загрязнения вод. Одним из источников загрязнения вод, являются тяжёлые металлы. В качестве примера приведены основные концентрации тяжёлых металлов в водах Таганрогского залива за 2011 год. По разработанной модели качества вод Таганрогского залива сделаны выводы о состоянии качества воды в Таганрогском заливе

Экологический мониторинг; качество вод; тяжёлые металлы; предельно допустимая концентрация.

A.I. Zabalueva, N.K. Plugotarenko, A.I. Bahmatskaya

EVALUATION OF WATER QUALITY GULF OF TAGANROG

One of the most pressing issues of the ecological state of water bodies has been the question of man-made pollution of water bodies. This article considers the problem of water pollution on the example of the Sea of Azov, which is unique in many ways, inland body of water. The basic