

Kupovykh Gennady Vladimirovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: n55dms@mail.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia, Phone: (8634)371649.

Department of Physics, head, professor, Doctor of Physic and Mathematical Sciences,

УДК 534.883:577.4

Г.В. Солдатов, С.П. Тарасов

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ МЕТОДОМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Рассмотрена проблема экологического мониторинга мелководных водоемов. Представлен гидроакустический комплекс, в состав которого входит гидролокатор бокового обзора (правого и левого борта) и параметрический профилограф. Комплексное исследование структуры верхних слоев донных осадков и рельефа донной поверхности позволяет в значительной степени устранить неоднозначность в интерпретации акустического изображения морского дна.

Экологический мониторинг дна моря; гидроакустика; параметрический профилограф.

G.V. Soldatov, S.P. Tarasov

HYDROACOUSTIC METHOD FOR REMOTE ECOLOGICAL SEABED MONITORING

The paper is dealing with the problem of ecological monitoring. Complex system to obtain ecological parameters of large areas and to reduce time of investigation was proposed.

Ecological monitoring seabed; hydroacoustic; parametric chirp.

Влияние человека на все сферы окружающей среды, в том числе на существование самого человека, и захватывает все большие площади суши, океана и моря. Непосредственное влияние на человека осуществляется через современные производства, химическое и радиоактивное заражение атмосферы, гидросферы, почв, заражение продуктов питания и питьевой воды. Современные тенденции изменения экологического состояния внутренних водоемов, а также морской водной среды с учетом непрерывного появления все более и более мощных загрязнителей без преувеличения можно назвать угрожающими, особенно в прибрежных мелководных районах. Необходимо непрерывно следить за процессом опасного загрязнения и своевременно реагировать на него. Одна из идей связана с использованием биоаккумуляции вредных веществ. Поскольку концентрация токсичных веществ в биоорганизмах иногда увеличивается во много раз, можно, произведя химический анализ, например, мидий, поглощающих токсичные вещества, следить за содержанием последних в воде. Другой подход предполагает контроль состава и характеристик донных осадков, существенно определяющих экологическое состояние водной среды, морей и внутренних водоемов. Этот подход требует разработки технических средств, одними из которых являются гидроакустические, и использования их наряду с другими инструментами экологических исследований.

Гидроакустическая аппаратура такого класса должна позволять не только фиксировать с высоким разрешением состояние, структуру, рельеф дна водоемов, но и получать сведения о свойствах, характеристиках и составе донного грунта.

Для целей экологического мониторинга наиболее удобным и перспективным по многим критериям представляется гидроакустический комплекс, в состав которого входит гидролокатор бокового обзора (правого и левого борта) и параметрический профилограф. Комплексное исследование структуры верхних слоев донных осадков и рельефа донной поверхности позволяет в значительной степени устранить неоднозначность в интерпретации акустического изображения морского дна, что достигается сопоставлением результатов измерений, полученных гидролокатором и профилографом.

Высокоточный гидролокатор бокового обзора с линейно-частотно-модулированным (ЛЧМ) сигналом позволяет за счет «ножевидной» характеристики направленности получать панорамное изображение дна с находящимися на его поверхности неровностями и объектами [1]. Параметрический профилограф, принцип действия которого основан на нелинейном взаимодействии акустических волн, дает возможность изучить с высоким разрешением структуру донных осадков и получить сведения о характере донного грунта [2]. С помощью параметрического профилографа, в принципе, можно «прозвучить» донные осадки на значительную глубину. Для решения экологических задач вполне достаточно стратификации верхней кромки осадочного чехла, но необходимо иметь возможность классификации донных.

Высокая направленность параметрических приборов при излучении низких, хорошо проникающих в грунт частот, позволяет добиться хорошего разрешения и за счет этого получить детальную информацию об изучаемом участке. В силу своей широкополосности параметрический профилограф способен адаптивно решать задачу профилирования донных отложений, позволяя выбрать оптимальную рабочую частоту в зависимости от вида и типа донного грунта. При этом «озвученный» объем на разных частотах одинаков благодаря свойству постоянства характеристики направленности параметрической антенны в широком частотном диапазоне. Возможна классификация объектов локации путем получения дополнительной информации с помощью широкополосных сигналов.

На основе уравнения гидролокации получено выражение для вычисления акустической мощности по каждой из частот накачки, необходимой для регистрации слоя донных осадков, залегающего на глубине h [1]:

$$W_a = \frac{2 \cdot 10^3 \delta P_{no} H \cdot l_D^2 \cdot 10^{0,05\beta H + 0,1\beta_c p h} e^{x/L_s}}{Q \cdot \sqrt{2Hc\tau} \cdot F^2 \alpha L_D I(B, y) \sqrt{\gamma_{np} \tau \gamma_{изл} \rho c \cdot \sqrt{B}}},$$

где $Q = \prod_{m=1}^n T_{m(m+1)} \cdot T_{(m+1)m} \cdot K_{m(m+1)} \cdot K_{(m+1)(m+2)}$ – общий коэффициент ослабления при

стратификации n донных слоев (для двухслойной модели: K_{12} – коэффициент отражения от границы раздела (“вода-грунт”); T_{12} и T_{21} – коэффициенты прохождения через границу раздела “вода-грунт” соответственно по направлению в грунт и обратно; K_{23} – коэффициент отражения от второй границы раздела); δ – коэффициент распознавания, определяющий отношение сигнал/помеха на выход тракта обработки, которое обеспечивает регистрацию сигнала с заданными значениями вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги; $P_{по}$ – эффективное значение акустического давления помехи при стандартных условиях: $f = 1$ кГц, $\Delta f = 1$ Гц, $\gamma_{np} = 1$; $\gamma_{изл}$ – коэффициент концентрации приемной акустической антен-

ны; Q – общий коэффициент, учитывающий ослабление сигнала при отражении и прохождении; $\beta_{ГР}$ – коэффициент затухания в грунте; $I(S, y)$ – интеграл, описывающий поведение сигнала разностной частоты, $B = \Delta f T$ – база сигнала [1].

Прогнозировать потенциальные возможности профилографа и оценить диапазон частот, необходимый для работы в конкретной ситуации, позволяющий зависимости отношения сигнал/помеха от глубины залегания интересующего слоя донных осадков. На рис. 1,а представлены зависимости отношения сигнал/помеха от глубины глинистого осадочного слоя с $\rho = 1420 \text{ кг/м}^3$ и $c = 1512 \text{ м/с}$, под которым находится песчаный грунт с $\rho = 1560 \text{ кг/м}^3$ и $c = 1552 \text{ м/с}$. Используется параметрический профилограф, излучающий сигналы на частотах накачки в районе 150 кГц. Диапазон разностных частот составляет 7-15 кГц, ширина характеристики направленности составляет 3° и практически постоянна на всех разностных частотах. Кривые рассчитаны при использовании ЛЧМ-сигналов с центральными разностными частотами в спектре сигнала 7, 11, 15 кГц (кривые 1, 2, 3 соответственно). При небольших толщинах верхнего слоя (до 4-5 м) более высокие разностные частоты позволяют получить большее отношение сигнал/помеха с учетом амплитудно-частотной характеристики параметрического излучающего тракта. При увеличении глубины залегания границы раздела двух типов грунтов отношение сигнал/помеха снижается, причем, более резко – на более высоких частотах. На рис. 1,б представлена зависимость глубины проникновения от частоты зондирования для разных типов грунта. Кривая 1 – глинистый осадочный слой с $\rho = 1420 \text{ кг/м}^3$ и $c = 1512 \text{ м/с}$, под которым находится песчаный грунт с $\rho = 1560 \text{ кг/м}^3$ и $c = 1552 \text{ м/с}$, кривая 2 – глинистый осадочный слой с $\rho = 1420 \text{ кг/м}^3$ и $c = 1512 \text{ м/с}$, под которым находится крупнозернистый песчаный грунт с $\rho = 2030 \text{ кг/м}^3$ и $c = 1836 \text{ м/с}$, кривая 3 – илистый осадочный слой с $\rho = 1370 \text{ кг/м}^3$ и $c = 1507 \text{ м/с}$, под которым находится песчано-глинистый грунт с $\rho = 1580 \text{ кг/м}^3$ и $c = 1578 \text{ м/с}$.

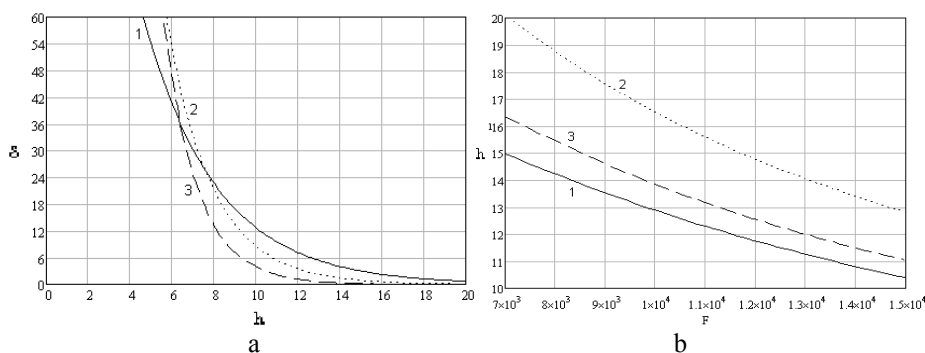


Рис. 1. Зависимость отношения сигнал/помеха от глубины осадочного слоя на разностных частотах: 7 кГц (кривая 1), 11 кГц (кривая 2), 15 кГц (кривая 3) (а); зависимость глубины проникновения от частоты зондирования для разных типов грунта (б)

На рис. 2 представлена профилограмма участка дна и придонных осадков Черного моря, полученная профилографом при длительности зондирующего импульса 2 мс. Начальная частота разностного (рабочего) линейно-частотно-модулированного сигнала равнялась 7 кГц. Девиация частоты составляла 8 кГц.

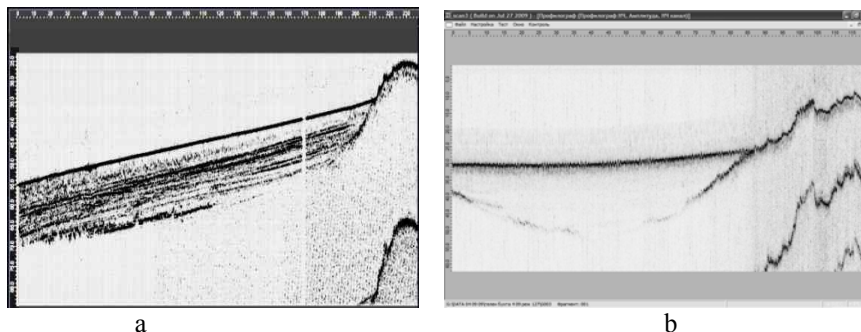


Рис. 2. Профиль дна Черного моря. Режим-ЛЧМ (7–15 кГц), длительность зондирующего импульса – 2 мс

Анализ профилограмм показывает, что использованные параметры обеспечили разрешение по дистанции 10 – 15 см (рис. 4), что существенно для разрешения тонкой структуры верхнего слоя донных осадков и поиска объектов, находящихся в верхнем слое осадков. Глубина профилирования (более 20 м) показывает высокую энергетическую способность профилографа, Увеличение длительности импульса без изменения мощности приведет к увеличению дистанции зондирования слоев, а увеличение девиации частоты – к увеличению разрешающей способности профилографа по дальности.

Пример использования комплекса для обследования очистного коллектора представлен на эхограмме на рис. 3. На эхограмме отчетливо видны обломки трубы очистного коллектора на расстоянии 2, 3 км от берега, тогда как отходы должны выноситься на расстояние 8 км от берега. Труба очистного коллектора находится на выходе из бухты в сторону пос. Дивноморска, с этой же стороны в бухту входит течение, циркулирующее вдоль берегов бухты. Поэтому обрыв трубы может существенно влиять на экологическую обстановку не только в данном районе, но и загрязнять опасными веществами Геленджикскую бухту.

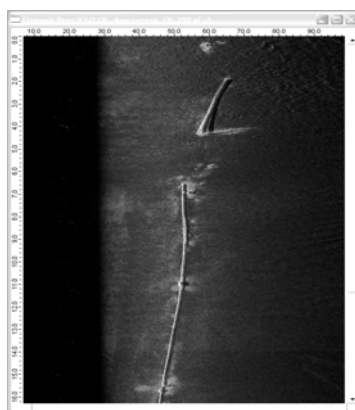


Рис. 3. Эхограмма очистного коллектора. Режим-ЛЧМ, правый борт, длительность зондирующего импульса – 11мс

Эффективность работы гидроакустического комплекса показывают эхограммы, представленные на рис. 4. Эхограммы получены с помощью ГБО

(рис. 4,а) и с помощью профилографа (рис. 4,б), в районе затонувшей на выходе из Геленджикской бухты передней части торгового судна Сакко и Ванцетти. Сопоставив результаты, полученные ГБО, с результатами, полученными профилографом, можно устранить неоднозначность акустического изображения.

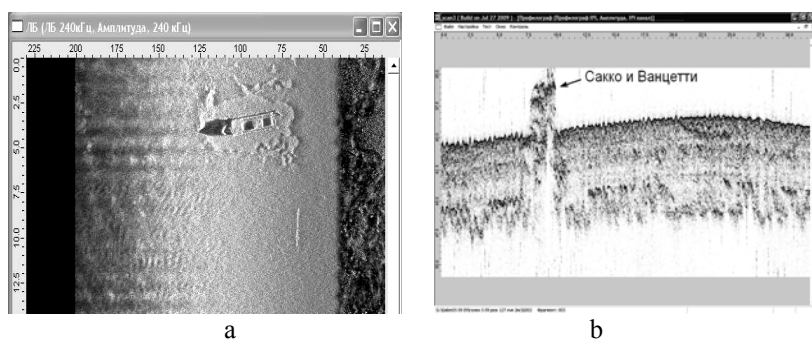


Рис. 4. Передняя часть торгового судна Сакко и Ванцетти, затонувшего на выходе из Геленджикской бухты (а). Режим – тон, длительность зондирующего импульса – 35 мс. Профиль дна в районе затонувшей передней части торгового судна Сакко и Ванцетти (б). Режим-ЛЧМ (7–15 кГц), длительность зондирующего импульса – 2 мс

Использование технологий гидроакустических исследований с помощью параметрического профилографа позволяет получить сведения об экологическом состоянии среды на достаточно больших площадях и значительно сократить время проведения экологического мониторинга.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронин В.А., Тарасов С.П., Тимошенко В.И. Гидроакустические параметрические системы. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2004. – 400 с.
2. Воронин В.А., Ходотов А.В., Скняря А.В., Тарасов С.П., Трусилов В.Т. Использование гидролокатора бокового обзора со сложным сигналом для экологического мониторинга дна и инженерных подводных сооружений // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Экология 2004 – море и человек»: Материалы Третьей Всероссийской конференции с международным участием. – Таганрог: ТРТУ, 2004. – №5 (40). – С. 80-82.
3. Воронин В.А., Кузнецов В.П., Мордвинов Б.Г., Тарасов С.П., Тимошенко В.И. Нелинейные и параметрические процессы в акустике океана. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2007. – 448 с.

Солдатов Геннадий Валерьевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: g.soldatov@gmail.com.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел.: (8634)371795.

Кафедра электрогидроакустической и медицинской техники, аспирант.

Soldatov Gennady Valerevich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”

E-mail: g.soldatov@gmail.com.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia, Phone: (8634)371795.

Department of Hydroacoustic and Medical Engineering, post-graduate student.

Тарасов Сергей Павлович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге

E-mail: tarasov@fep.tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел.: (8634)371795.

Кафедра электрогидроакустической и медицинской техники, заведующий, профессор, д.т.н.

Tarasov Sergey Pavlovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”

E-mail: tarasov@fep.tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia, Phone: (8634)371795.

Department of Hydroacoustic and Medical Engineering, Head, Professor, Dr. of Eng. Sc.

УДК 522

В.Ю. Вишневецкий, Ю.М. Вишневецкий

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Рассматриваются вопросы построения системы оценки показателя качества воды. Подробно рассмотрены вопросы определения критериев выбора мест отбора проб.

Анализ качества воды; источники загрязнения; состав воды.

V.Yu. Vishnevetskiy, Yu.M. Vishnevetskiy

PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF SYSTEM OF THE ESTIMATION OF THE INTEGRATED INDICATOR OF QUALITY OF WATER

Construction questions system estimations of an indicator of quality of water are considered. Questions of definition of criteria of a choice of places of sampling are in detail considered.

Water quality analysis, source of pollution, water composition.

Представление о степени загрязненности воды либо ее качестве, однозначно отражающее ее свойства, определяется через ту или иную систему показателей либо определенным образом ограниченную совокупность характеристик состава и свойств воды относительно базисных количественных характеристик. В качестве таких характеристик приняты нормативы для определенного вида водных объектов и водопользования или водопотребления.

В целях определения основных источников загрязнения поверхностных и грунтовых вод и, в конечном счете, загрязнения вод реки, необходимо проанализировать ситуацию на всем протяжении реки и ее притоков. В настоящее время учет загрязнения осуществляется только на организованных сбросах стоков крупных промышленных и коммунальных объектов.

В полной мере оценить степень антропогенного воздействия на природу, в том числе и на ее важнейшую составную часть – речные водные системы – невозможно. Определяя степень загрязнения речной воды в том или ином контрольном створе, следует иметь в виду, что так называемые «естественные», «природные»