

УДК 621.39.96

© **А.И. Гончар**, чл.-корр. НАН Украины, д.т.н., с.н.с., директор;
С.Г. Федосеенков, младший научный сотрудник; **А.И. Шундель**, научный сотрудник

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

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОФИЛОГРАФА ДОННЫХ ОСАДОЧНЫХ СТРУКТУР

В статье приведен расчет энергетических характеристик параметрического профилографа – устройства для изучения строения донных отложений. Построены графики зависимости акустической мощности от частоты при различных параметрах донных отложений, проведен анализ результатов.

ЭХОЛОТ, ПРОФИЛОГРАФ, АЛГОРИТМЫ, ПРОФИЛОГРАММА, УРАВНЕНИЕ ГИДРОЛОКАЦИИ, АКУСТИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ

Параметрический профилограф (рис. 1), принцип работы которого построен на взаимодействии двух высокочастотных волн накачки в водной среде, позволяет решать задачи эхолотирования дна и профилирования донных отложений, то есть записи непрерывного вертикального разреза донного грунта с высокой разрешающей способностью [1, 2].



Рис. 1 – Состав аппаратуры параметрического профилографа ПГ-100
ЦБВИ.365181.002

При проектировании и расчете профилографа весьма существенной составляющей является энергетическая дальность действия. Задача расчета сводится к определению необходимой акустической мощности при выбранной оптимальной частоте для достижения заданной дальности действия до дна и донных отложений.

Основой для расчета энергетических параметров является уравнение гидролокации [3]:

$$P_c = \delta P_{\Pi}, \quad (1)$$

где P_c – звуковое давление эхо-сигнала в точке приема;

P_{Π} – звуковое давление помех;

δ – коэффициент распознавания, определяющий отношение сигнал/помеха на входе тракта обработки.

Для определения энергетических характеристик профилографа при локации придонных слоев необходимо учесть коэффициенты отражения и прохождения для каждого слоя грунта и затухание в грунте.

Математическое выражение для вычисления акустической мощности по каждой из частот накачки, необходимой для регистрации слоя донных осадков, залегающего на глубине H , в присутствии шумовой помехи имеет вид [3]:

$$W_a = \frac{2 \cdot 10^3 \delta P_{no} H e^{x/L_3} 10^{0.05\beta x + 0.1\beta_T} I_D^2}{Q \cdot \sqrt{2Hc\tau F^2 \alpha \cdot L_D} I(B, y) \sqrt{\gamma_{np} \tau \cdot \gamma_{i3} z_0}}, \quad (2)$$

где Q – общий коэффициент, учитывающий ослабление сигнала при отражении и прохождении в слоистом дне;

γ_{np}, γ_{i3} – коэффициенты осевой концентрации приемной и излучающей антенны;

P_{no} – эффективное значение акустического давления помехи;

$I(B, y)$ – интеграл, описывающий пространственное распределение акустического поля разностной частоты;

z_0 – импеданс воды;

F – рабочая частота;

τ – длительность излучаемого импульса;

β_T – коэффициент затухания в грунте;

I_D – длина зоны дифракции волны накачки;

L_D – длина зоны дифракции волны разностной частоты;

α – параметр нелинейности среды.

Выражение (2) позволяет рассчитать мощность по каждой из частот накачки, необходимую для стратификации донных осадков при заданном отношении сигнал/помеха.

Используя формулу (2) и данные об акустических свойствах донного грунта, проведем расчет частотных зависимостей акустической мощности, необходимой для регистрации двухслойной донной структуры [4] (табл. 1, 2):

Таблица 1 – Модель дна №1

№ слоя	Тип грунта	Толщина слоя, м	Плотность, кг/м ³	Скорость звука, м/с
0	вода	100	1000	1500
1	песок	5,10,15	1560	1550
2	глина	5	1420	1520

Таблиця 2 – Модель дна №2

№ слоя	Тип грунта	Толщина слоя, м	Плотность, кг/м ³	Скорость звука, м/с
0	вода	50	1000	1500
1	песок	5,10,15	1560	1550
2	глина	5	1420	1520

При этом расчеты проведем для диапазона разностных частот от 3 кГц до 28 кГц, нижней частоты накачки 105 кГц, длительности зондирующего импульса 4 мс. Ширина характеристики направленности в режиме излучения равна $\theta_i = 3^\circ$, в режиме приема $\theta_p = 10^\circ$. Импеданс воды $z_0 = 1500000$ кг/м²с. Коэффициент осевой концентрации излучающей антенны равен 4000.

Графики 1, 2, 3 (рис. 2) построены по данным табл. 1 соответственно при толщине первого слоя 5, 10, 15 м. Графики 4, 5, 6 (рис. 2) построены по данным табл. 2 соответственно при толщине первого слоя 5, 10, 15 м.

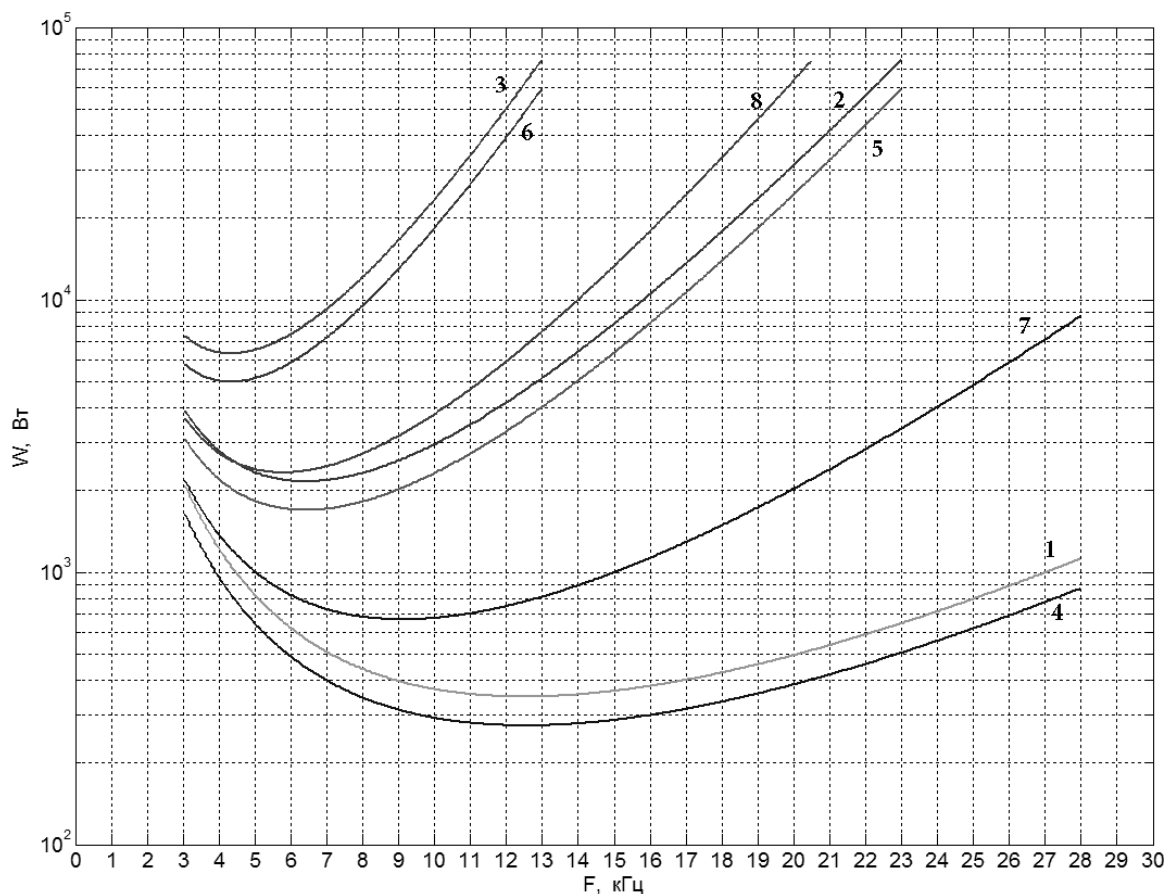


Рис. 2 – Частотные зависимости акустической мощности, необходимой для регистрации донных осадочных слоев

Анализ графиков показывает, что с увеличением мощности слоев необходима и большая акустическая мощность для обнаружения границ донных отложений, что в свою очередь не противоречит физическому смыслу задачи.

По графикам можно определить оптимальную частоту при минимальной акустической мощности. Это обусловлено тем, что форма кривых удовлетворяет двум

принципам: справа кривые возрастают за счет большей проникающей способности низких частот в грунт, слева спадают за счет снижения разрешающей способности со снижением разностной частоты.

То есть, существует оптимальная область частот, в которой требуемая акустическая мощность по частотам накачки имеет минимальное значение. Причем, в зависимости от глубины залегания донного слоя, она находится в различном диапазоне частот. Чем больше глубина залегания слоя, тем на более низких частотах обеспечивается наиболее эффективное обнаружение.

Проведем аналогичные расчеты для регистрации двухслойной донной структуры (табл. 3):

Таблица 3 – Модель дна №3

№ слоя	Тип грунта	Толщина слоя, м	Плотность, кг/м ³	Скорость звука, м/с
0	вода	50	1000	1500
1	ил	50,100	1100	1450
2	глина	5	1420	1520

Графики 7, 8 (рис. 2) построены по данным табл. 3 соответственно при толщине первого слоя 50, 100 м.

Анализируя графики, можно сделать вывод, что глубина места существенно не влияет на необходимую акустическую мощность в силу малого коэффициента затухания в воде, а слой ила хорошо «пробивает» волна с относительно невысокой акустической мощностью, в свою очередь, слой песка вносит существенное влияние на требуемую акустическую мощность профилографа.

Построим частотные зависимости акустической мощности, необходимой для регистрации донных осадочных слоев, по данным табл. 1 при значениях ширины характеристики направленности в режиме излучения равных 6° и 10°. При этом коэффициент осевой концентрации излучающей антенны будет соответственно равен 1400 и 360.

На рис. 3 графики 1, 2, 3 соответствуют ранее проделанным расчетам (рис. 2) при $\theta = 3^\circ$. Графики 9, 10, 11 (рис. 3) построены по данным табл. 1 при $\theta = 6^\circ$. Графики 12, 13, 14 (рис. 3) построены по данным табл. 1 при $\theta = 10^\circ$.

Анализ графиков показывает, что с увеличением ширины характеристики направленности в режиме излучения увеличивается необходимая акустическая мощность для обнаружения границ донных отложений.

Таким образом, данная методика позволяет прогнозировать потенциальные возможности профилографа, оценить диапазон частот, необходимый для работы в конкретных ситуациях, выбрать энергетический потенциал в зависимости от параметров зондирующего сигнала, помеховой обстановки и акустических свойств донного грунта, определить необходимую разрешающую способность.

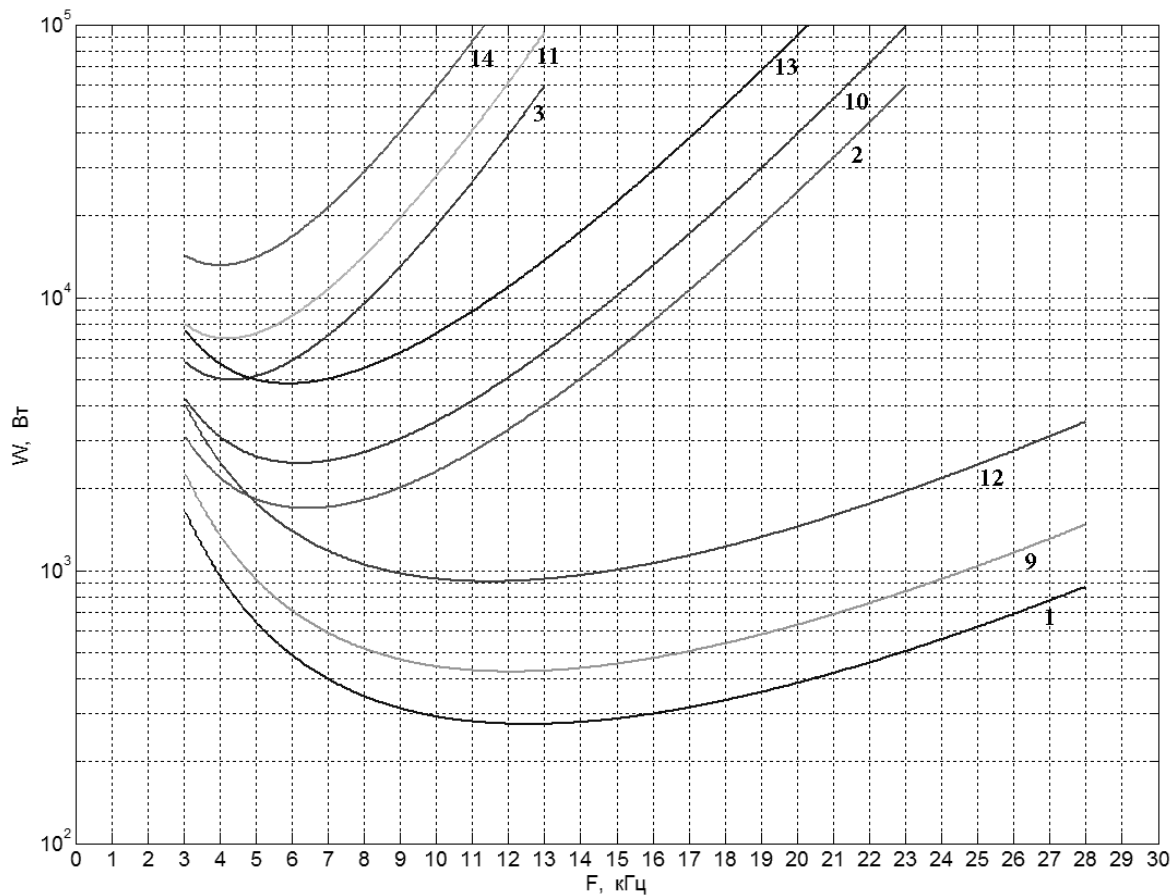


Рис. 3 – Частотные зависимости акустической мощности, необходимой для регистрации донных осадочных слоев

Литература

1. Гідроакустическіе методи і засоби дослідження дна Мирового Океана. / [Гончар А.И., Голод О.С., Должиков А.К., Шлычек Л.И.] под ред. А.И. Гончара. – Запорожье: НТЦ ПАС НАН Украины, 2002. – 222 с.
2. Гончар А.И. Аспекти технології автоматизованої дистанційної профільної ґрунтової зйомки морського дна / А.И. Гончар, С.Г. Федосєнков, А.И. Шундель // Гідроакустический журнал (Проблеми, методи і засоби вивчення Мирового океана). – 2011. - №8. – С. 63-67
3. Воронин В.А. Гідроакустическіе параметрическіе системи / В.А. Воронин, С.П. Тарасов, В.И. Тимошенко // Ростов н/Д: Ростиздат, 2004. – 400 с.
4. Гончар А.И. Створення структурно-акустическіх моделей морського дна / А.И. Гончар, Л.И. Шлычек, А.И. Шундель, И.Н. Писанко. // Гідроакустический журнал (Проблеми, методи і засоби вивчення Мирового океана). – 2004. - №1. – С. 13-21

Стаття надійшла до редакції 11 вересня 2012 р. російською мовою

© А.И. Гончар, С.Г. Федосєнков, А.И. Шундель
**ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРАМЕТРИЧНОГО ПРОФІЛОГРАФА
 ДОННИХ ОСАДОВИХ СТРУКТУР**

У статті наведено розрахунок енергетичних характеристик параметричного профілографа - засобу для вивчення будови донних відкладів. Побудовані графіки залежності акустичної потужності від частоти при різних параметрах донних відкладів, проведено аналіз результатів.

© Anatoly I. Gonchar, Sergey G. Fedoseenkov, Alexey I. Shundel
**ENERGY CHARACTERISTICS OF PARAMETRIC PROFILERS
 BOTTOM SEDIMENTARY STRUCTURES**

The paper presents a calculation of the energy characteristics of the parametric profiler - a device for studying the structure of sediments. Plot the acoustic output of the frequency at different parameters of sediments, analysis of the results.