

АКУСТИКА ОКЕАНА.  
ГИДРОАКУСТИКА

УДК 534.22

**ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ  
СКОРОСТИ ЗВУКА В ТОЧКЕ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ШЕЛЬФЕ  
НА ФОРМИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
В ГЛУБОКОМ МОРЕ**

© 2010 г. В. А. Акуличев, В. В. Безответных, А. В. Буренин, Е. А. Войтенко, Ю. Н. Моргунов

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН*

690041 Владивосток, ул. Балтийская 43

Тел.: (423-2)311-613; Факс: (423-2)312-600

E-mail: alex\_bu@poi.dvo.ru

Поступила в редакцию 29.04.09 г.

PACS: 43.30.Tg

Решение актуальных задач звукоподводной связи и навигации для управления подводными объектами во многом зависит от правильного учета гидролого-акустической обстановки в зоне их функционирования. В работе [1, 2] нами подробно описан эксперимент 2006 года по исследованию закономерностей формирования импульсных характеристик волноводов на акустической трассе, включающей шельф, континентальный склон и глубоководную часть Японского моря. Показано, что при отрицательном градиенте скорости звука в придонном слое воды (рис. а) и малом наклоне дна на шельфе на оси подводного звукового канала (ПЗК) в глубоком море формируется сплошная зона освещенности со стабильной импульсной характеристикой, состоящей из

одного или двух приходов импульсов акустической энергии под углами, близкими к нулевым. Таким образом, был экспериментально подтвержден для условий Японского моря новый эффект “оползня”, описанный в статье Тапперта и др. [3] и заключающийся в “сползании” акустической энергии из придонного слоя на шельфе в районе Гавайских островов в ПЗК глубоководной части океана. На основе полученных данных исследования были сформулированы важные для практики выводы:

– возможность размещения источника сигналов вблизи береговой черты не требует длинных кабельных линий и снижает риски механических повреждений в зонах активного рыболовства;

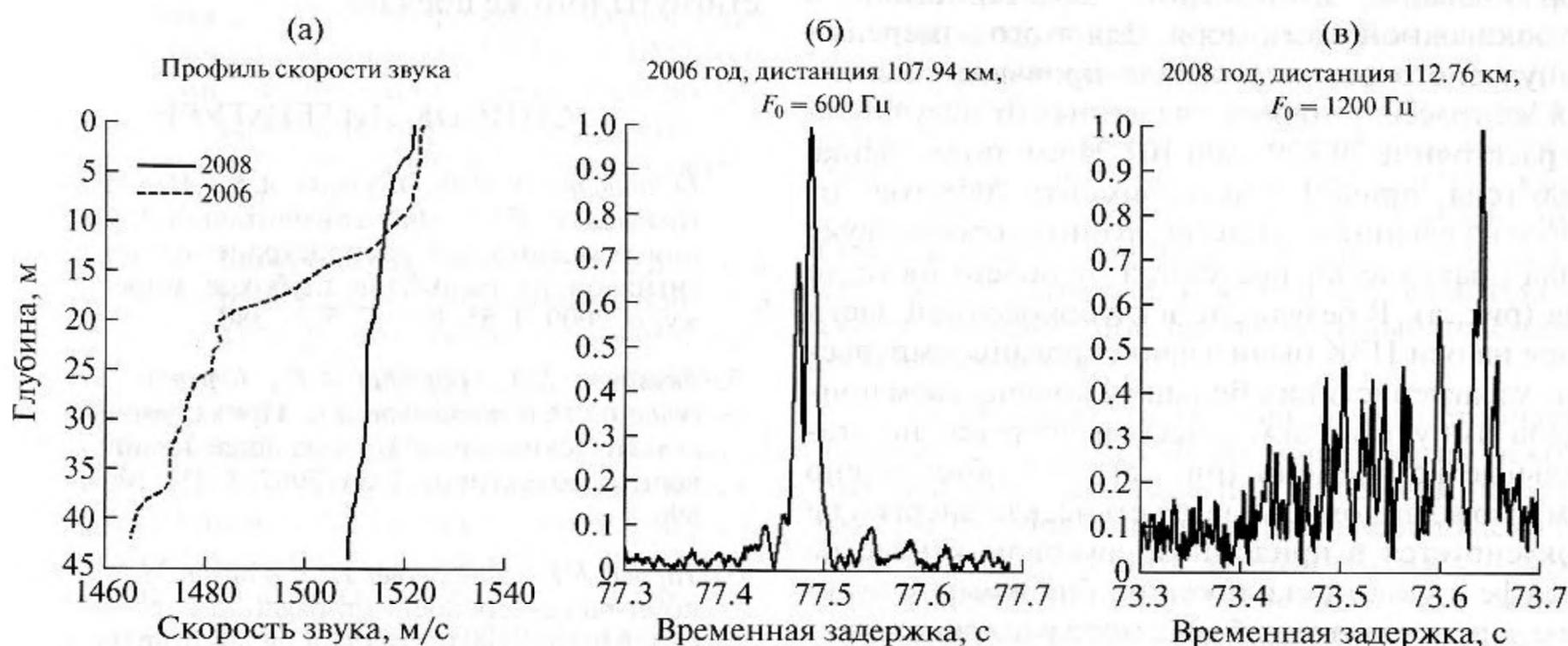


Рис. 1.

Таблица

№ Точки	Время распространения, с	Значение глубины оси ПЗК, м	Скорость звука на оси ПЗК, м/с	Средняя скорость звука на трассе, м/с	Дистанция, рассчитанная по скорости звука на оси ПЗК, км	Дистанция, рассчитанная по средней скорости звука на трассе, км	Дистанция по GPS, км	Ошибка, м
2006								
№1	38.59	205	1455.05	1456.60	56.150	56.207	56.238	31
№2	77.42	220	1455.65	1456.12	112.696	112.738	112.696	24
2008								
№1	47.75	205	1456.8	1468.91	69.562	70.140	70.211	71
№2	73.65	245	1456.8	1464.68	107.293	107.876	107.944	68

— стабильность значений скорости звука на оси ПЗК (независимо от изменений ее глубины по трассе распространения сигналов) и возможность непрерывного мониторинга изменчивости скорости звука на шельфе позволяет с точностью до сотых процента измерять дистанцию между источником и приемником сигналов на расстояниях в сотни километров по времени прихода последнего импульса;

— отсутствие многолучевости и надежность идентификации импульсов, как прошедших холодный придонный слой воды на шельфе и вдоль оси ПЗК в глубоком море, позволяет рассчитывать на разработку надежных и простых схем приема и обработки сигналов в системах связи и навигации автономных подводных аппаратов.

В сентябре 2008 года были продолжены экспериментальные исследования в этом направлении для оценки влияния вертикального профиля скорости звука в точке излучения и на шельфе на формирование импульсной характеристики в глубоководной части моря. Для этого измерения импульсного отклика канала производились на той же трассе, в точках, удаленных от излучателя на расстояние 70.129 км и 107.94 км, по методике 2006 года, причем в эксперименте 2008 года от точки излучения и до свала глубин скорость звука была практически постоянна от поверхности до дна (рис. а). В результате в глубоководной части моря на оси ПЗК были зафиксированы импульсные характеристики с большим количеством приходов импульсов акустической энергии, не стабильные во времени (рис. в). Это обусловлено тем, что в данном случае акустическая энергия не фокусируется в придонном звуковом канале на шельфе с углами скольжения, близкими к нулевым, а переходит в глубокое море в широком диапазоне углов. Для сравнения на рис. б приведена соответствующая характеристика 2006 года.

В таблице 1 приведены сравнительные данные, характеризующие условия экспериментов 2006 и 2008 годов и результаты измерений. Расчет дистанции между корреспондирующими точками производился по измеренному времени прихода последнего импульса  $t_n$ . Средняя скорость звука на трассах определялась, как и в [1], путем суммирования средней скорости на шельфе и скорости на оси ПЗК в пропорциях, соответствующих расстояниям, пройденным сигналом на шельфе и в глубоком море.

Таким образом, эксперимент подтвердил, что для формирования стабильной импульсной характеристики, состоящей из одного или двух приходов импульсов акустической энергии, принципиальным является наличие отрицательного градиента скорости звука на шельфе. Тем не менее, несмотря на сложность временной структуры импульсной характеристики, полученной в условиях малого отрицательного градиента скорости звука на шельфе в 2008 году, точности измерения дистанций с их использованием могут быть достигнуты того же порядка.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безответных В.В., Буренин А.В., Моргунов Ю.Н., Половинка Ю.А. Экспериментальные исследования особенностей распространения импульсных сигналов из шельфа в глубокое море // Акуст. журн. 2009. Т. 55. № 3 С. 371–380.
2. Акуличев В.А., Бородин А.Е., Буренин А.В., Моргунов Ю.Н., Стробыкин Д.С. Применение сложных акустических сигналов в дальней навигации подводных объектов // ДАН. 2007. Т. 417. № 5. С. 693–696.
3. Tappert F.D., Spiesberger J.L., Wolfson M.A. Study of a novel range-dependent propagation effect with application to the axial injection of signals from the Kaneohe source // J. Acoustic. Soc. Am. 2002. V. 111. № 2. P. 757–762.