

# РЕГИСТРАЦИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА БЕРЕГОВЫМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ

**В.А. Чупин, Г.И. Долгих, С.Г. Долгих, А.А. Пивоваров,  
А.Н. Самченко, А.Н. Швырев, С.В. Яковенко, И.О. Ярощук**

Актуальной задачей представленного исследования является изучение особенностей трансформации акустических сигналов на границе геосфер в зоне перехода «вода–земля». Энергия сигнала движущегося гидроакустического источника излучения преобразуется в прибрежной зоне в сейсмоакустические колебания, регистрируемые береговым двухкоординатным лазерным деформографом. Пространственное положение измерительных компонент лазерного деформографа позволяет локализовать перемещение объекта в близлежащей акватории на основании исследования вариаций амплитуды регистрируемого сигнала. Описывается методика проведения эксперимента, основанная на движении излучателя с постоянными скоростью и удалением от береговой измерительной системы. В результате проведенного эксперимента получена устойчивая регистрация сейсмоакустического сигнала на всей траектории движения излучателя с уменьшением амплитуды принимаемого сигнала при его нахождении под углом, близким к 45 градусам, по отношению к компонентам лазерного деформографа. По данным анализа вариаций амплитуды зарегистрированного сигнала на разнонаправленных компонентах лазерного деформографа получены результаты пеленгации источника низкочастотного гидроакустического излучения, при этом ошибка определения направления на гидроакустический источник составила от 0,2 % до 10,5 %.

**Ключевые слова:** двухкоординатный лазерный деформограф, гидроакустический излучатель, амплитудная модуляция, трансформация акустических сигналов

## Введение

Гидроакустические, сейсмические, инфразвуковые волны генерируются различными природными и антропогенными источниками излучения. Регистрация широкого спектра колебаний и волн крайне важна, чтобы исследовать различные события, особенно катастрофического характера, будь то землетрясения, мощные атмосферные вихри или испытания оружия. На Земле существуют различные сейсмографические комплексы, объединенные в сети и отслеживающие события, регистрируемые в земной коре. Как пример можно отметить такие сети, как Немецкая региональная сейсмическая сеть [1], включающая в себя оборудование сейсморазведки, гидроакустические и инфразвуковые датчики. Глобальная сейсмографическая сеть регистрирует сейсмические данные и предоставляет информацию научному сообществу [2]. В Российской Федерации также работает Федеральный исследовательский

центр (ФИЦ) «Единая геофизическая служба РАН, проводящий непрерывный сейсмический мониторинг, мониторинг медленных геодинамических процессов, предупреждения цунами и вулканической активности. ФИЦ также может предоставлять доступ к информационным ресурсам по запросу [3]. Такие сети применяются для регистрации и исследования масштабных событий распределенной системой датчиков.

Низкочастотные гидроакустические колебания различного происхождения могут распространяться в морской среде на значительные расстояния. Такие колебания трансформируются в зоне перехода геосфер в сейсмоакустические колебания. Данное поведение зависит от отношения длины гидроакустической волны к глубине моря. При глубинах меньше половины длины гидроакустической волны возникают условия, при которых почти вся гидроакустическая энергия трансформируется в упругие колебания морского дна. В работе [4] было показано, что в

области низких частот сейсмоакустические поверхностные волны становятся доминирующим механизмом переноса акустической энергии в мелководной шельфовой зоне моря. В верхнем слое земной коры эти возмущения распространяются преимущественно в виде поверхностных волн рэлеевского типа. Регистрация таких волн проводилась как авторами настоящей работы [5], так и другими исследователями [6]. Такое свойство можно использовать для регистрации и пеленгования разных возмущений двухкоординатным лазерным деформографом. Различные гидроакустические источники описываются в публикациях [7, 8]. Это могут быть как антропогенные источники звука, такие как взрывы, сейсморазведка, промышленная деятельность, так и шумы естественного происхождения. Соответственно это землетрясения, ветровые волны, осадки, биоакустическая генерация звука, тепловое перемешивание морской воды и т.д. Исследование характеристик природных и антропогенных событий и явлений, взаимодействия механизмов формирования сигналов становится все более важным, особенно в отношении локализации событий и идентификации механизмов их возникновения.

В разные годы в ТОИ ДВО РАН проводились исследования по регистрации различных процессов в низкочастотном и инфразвуковом диапазонах. Регистрация сигналов проводилась береговым двухкоординатным лазерным деформографом, что с использованием регистрации вариации параметров модуляции амплитуды исследуемого сигнала на разнонаправленных компонентах лазерных деформографов позволяет определить направление на источник или область генерации сигнала. Исследование вариации сигнала судна позволило определить пеленг на движущееся судно и вести его наблюдение на расстоянии свыше 150 км от места регистрации сигнала на берегу [9]. Подобные исследования были проведены с более низкочастотными колебаниями естественного происхождения, возникающими при прохождении по акватории моря высокоэнергетических атмосферных вихрей [10].

В акватории залива Петра Великого был проведен эксперимент по исследованию вариаций амплитуды гидроакустического сигнала, зарегистрированного компонентами двухкоординатного лазерного деформографа, генерируемого перемещающимся с одинаковой скоростью по акватории гидроакустическим излучателем. Покажем возможности лазерного деформографа по регистрации такого сигнала и его пеленгации.

## ■ Экспериментальный комплекс и методика эксперимента

В экспериментальных исследованиях для генерации гидроакустических сигналов использовался низкочастотный гидроакустический излучатель ГИ-1 [11] с электромагнитным преобразователем с центральной частотой излучения 33 Гц, излучаемой на оптимальной глубине его максимальной эффективности, составляющей 15 м. Данное отношение подтверждается из графика зависимости относительной излучаемой мощности приповерхностного источника от его заглубления [12] (рис. 1):

$$\frac{Pa}{P0} = 1 - \sin\left(\frac{4\pi h}{\lambda}\right) / \left(\frac{4\pi h}{\lambda}\right)$$

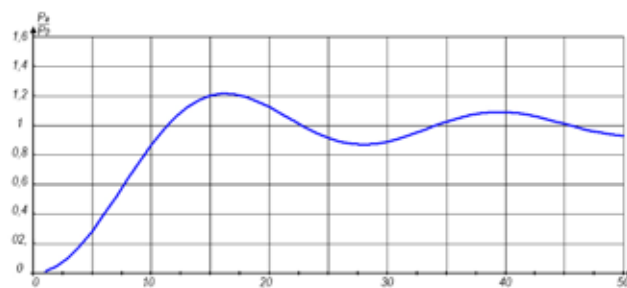


Рис. 1. Зависимость относительной излучаемой мощности приповерхностного источника с центральной частотой излучения 33 Гц от его заглубления

Излучатель предназначен для излучения тональных и фазоманипулированных сигналов. Эффективное звуковое давление в полосе составляет около 3700 Па (191 дБ/1 мкПа). Поскольку изначально излучатель создавался для работы в условиях якорных стоянок или дрейфа судна, конструкция удерживающей рамы была переработана. Была создана новая обрешетка излучателя, имеющая форму параллелепипеда с усилением в хвостовой части. В качестве стабилизирующих поверхностей в хвостовой части добавлены два крыла, выполненные из монолитных поликарбонатных листов. Для уменьшения плавучести с целью уменьшения колебаний на волнении и течения использованы несколько металлических грузов, устанавливаемых в основании излучателя. В результате при буксировке гидроакустический излучатель стабилизируется в направлении движения судна, что позволило выполнять серии гидроакустических излучений при движении судна-носителя по траектории, заранее определенной планом экспериментальных исследований. На рис. 2 показана операция спуска гидроакустического излучателя перед началом экспериментальных работ. Контроль амплитуды излучения выполнялся гидрофоном, располо-



Рис. 2. Подготовка гидроакустического излучателя к экспериментальным работам

женным на расстоянии 1 м от геометрического центра излучателя.

В качестве основного измерительного инструмента был береговой двухкоординатный лазерный деформограф [5], расположенный на морской экспериментальной станции ТОИ ДВО РАН «Мыс Шульца». Оси лазерного деформографа расположены практически ортогонально друг к другу с отклонением главной оси, длиной 52,5 м, на  $18^\circ$  от оси меридиана.

План экспериментальных исследований заключался в проведении непрерывной серии излучения гидроакустического сигнала при движении судна по круговой траектории относительно береговой приемной системы с одинаковым удалением от неё и регистрации сейсмоакустического сигнала лазерным деформографом. Эксперимент проводился 5 августа 2017 г. Предварительно была определена траектория движения судна, равноудаленная на всем своем протяжении от берегового комплекса на 3000 м. Судно останавливалось в районе начала траектории движения, и командой обеспечения проводились подготовительные работы с погружением излучающей системы на соответствующую глубину. После этого судно начинало движение по заданной траектории с постоянной скоростью около 3 км/ч. Начальная точка излучения находилась со смещением на угол около 30 градусов относительно оси 52,5-метровой компоненты лазерного деформографа. Затем траектория движения излучателя пересекала ось данной компоненты и распространялась вплоть до пересечения оси 17,5-метровой компоненты лазерного деформографа.

Синхронизация сигналов проводилась посредством оригинального программного обеспечения, использующего данные GPS/ГЛОНАСС-модулей на источнике излучения, при записи сигнала контрольного гидрофона, и на приемной станции. Сигнал излучения носил циклический характер. Первоначально проводилось тональное излучение в течение 300 с, и после паузы 30 с излучалась М-последовательность длительностью 155 с. После паузы 30 с цикл излучения повторялся. В рамках данной работы мы проведем анализ сигнала тонального излучения для определения возможности пеленга перемещающегося по акватории объекта.

## ■ Результаты эксперимента

В результате проведенных экспериментальных работ была получена непрерывная регистрация гидроакустического сигнала двухкоординатным береговым лазерным деформографом при перемещении излучателя по окружности с одинаковым удалением от излучающей системы. На рис. 3 приведены динамические спектрограммы синхронных участков записи контрольного гидрофона и компонент двухкоординатного берегового лазерного деформографа. На спектрограмме записи контрольного гидрофона показаны цифровые отметки, обозначающие начало очередного пакета излучения. При оценке спектрограмм можно сделать выводы об уменьшении уровня амплитуды принимаемого сигнала при прохождении источника излучения участка траектории, близкого к

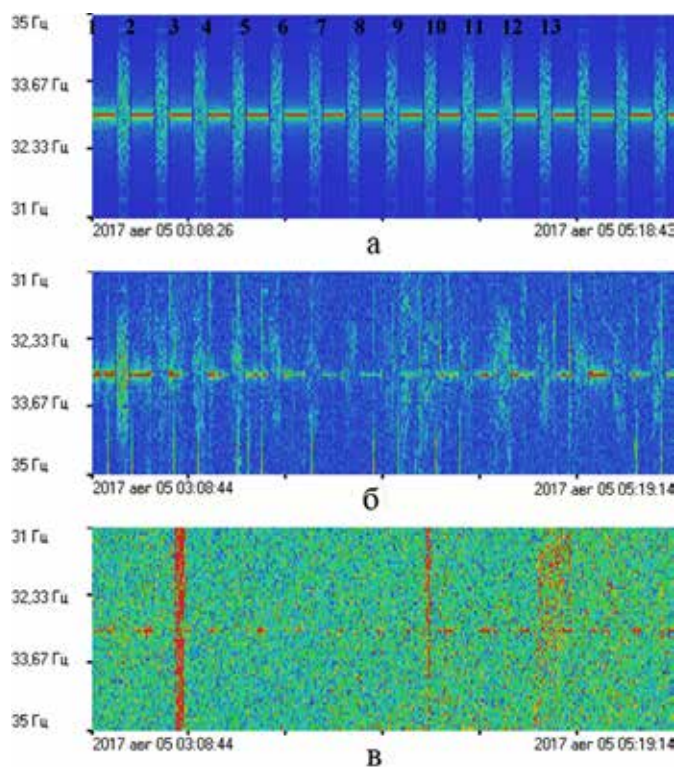


Рис. 3. Динамические спектрограммы синхронных участков записи: а – контрольный гидрофон, цифрами обозначено время начала излучения очередного пакета сигнала, б – лазерный деформограф 52,5-м «север–юг», лазерный деформограф 17,5 м «запад–восток»

углу 45 градусов, по отношению к направлению осей лазерного деформографа, что связано с их диаграммой направленности.

Направление на источник излучения определялось по данным 52.5-метровой и 17.5-метровой осей лазерного деформографа. Выбирался временной отрезок длиной 50000 отсчетов, что при частоте дискретизации 1000 Гц имеет длительность 51 с. Для каждого временного отрезка длиной 300 с определялись амплитуды сигналов излучателя в данных измерениях 52.5-метровой и 17.5-метровой лазерных деформографов. Из соотношения измерительных плеч 52.5-метровой и 17.5-метровой компонент лазерного деформографа при одинаковой внешней нагрузке на них отношение величин смещения компонент лазерного деформографа друг к другу должно быть как  $52.5:17.5=3.0$ . Это условие обычно должно выполняться при установке лазерных деформографов на поверхностях с абсолютно одинаковыми упругими характеристиками. В действительности поверхности, на которых установлены компоненты деформографа, различаются. Но данное отношение можно оценить при одинаковом воздействии на участки земной коры, занимаемые рассматриваемыми компонентами лазерного деформографа, вариаций атмосферного давления. Такая работа была предварительно выполнена,

в результате было установлено, что при одинаковом внешнем силовом воздействии на земную кору мыса Шульца в местах расположения компонент лазерного деформографа это отношение равно не 3.0, а 2.8. Это отношение мы использовали при определении направления на источники различных сигналов – гидроакустических, сейсмоакустических, геофизических и т.п. В нашем случае пеленг определялся по тангенсу:  $tg\alpha = 2.8 * a_{17.5} / a_{52.5}$ , где  $\alpha$  – угол между направлением на источник сигналов и осью 52.5-метрового лазерного деформографа,  $a_{17.5}$  – амплитуда спектральной составляющей 17.5-метрового лазерного деформографа,  $a_{52.5}$  – амплитуда спектральной составляющей 52.5-метрового лазерного деформографа.

По результатам анализа величины амплитуды каждой компоненты лазерного деформографа при движении гидроакустического излучателя составлена таблица. В ней приведены амплитуды акустического сигнала, регистрируемого лазерным деформографом, и направление на источник, определенное по результатам полученных данных

Амплитуды акустического сигнала, регистрируемого компонентами лазерного деформографа, при движении гидроакустического излучателя от ст. 1 к ст. 13

| № ст. | Амплитуда СЮ, нм | Амплитуда ЗВ, нм | Пеленг, ° |
|-------|------------------|------------------|-----------|
| 1     | 0,20             | 0,046            | 32,11     |
| 2     | 0,21             | 0,028            | 19,91     |
| 3     | 0,23             | 0,028            | 11,39     |
| 4     | 0,23             | 0,013            | 8,93      |
| 5     | 0,22             | 0,015            | 10,97     |
| 6     | 0,18             | 0,021            | 18,24     |
| 7     | 0,18             | 0,025            | 21,78     |
| 8     | 0,18             | 0,038            | 30,00     |
| 9     | 0,056            | 0,016            | 39,6      |
| 10    | 0,11             | 0,037            | 43,01     |
| 11    | 0,13             | 0,09             | 63,39     |
| 12    | 0,083            | 0,075            | 68,49     |
| 13    | 0,037            | 0,20             | 86,26     |

На рис. 4 показан трек движения буксируемого излучателя с визуально представленными результатами пеленгации на основании амплитудной модуляции регистрируемого сигнала на компонентах двухкоординатного лазерного деформографа. Угломерная шкала, показанная на рисунке, имеет направление 0 градусов в соответствии с пространственным положением 52,5-метровой компоненты двухкоординатного лазерного деформографа.

Анализируя результаты проведенного эксперимента, можно сказать, что ошибка в определении направления на источник гидроакустического излучения, перемещающегося в шельфовой области, на-

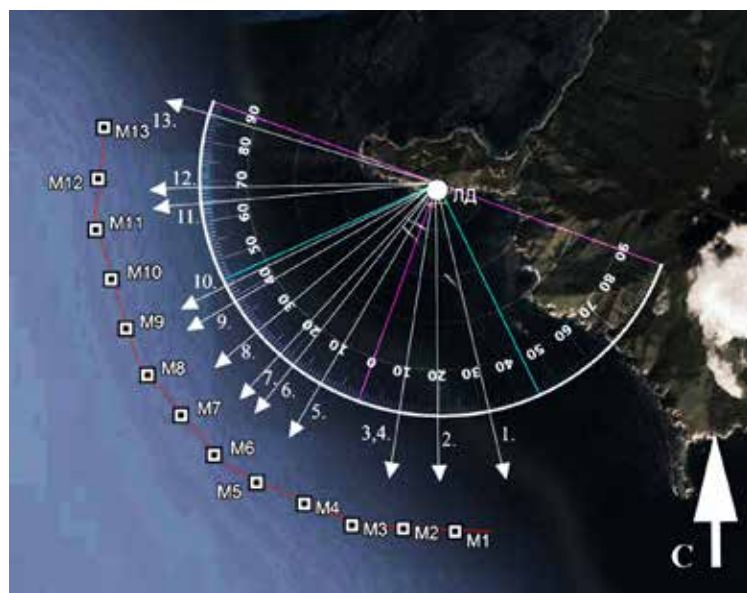


Рис. 4. Схематическая карта с результатом пеленгации сигнала гидроакустического излучателя. Квадраты M1-M13 – местоположение начала очередного излучения. Стрелки 1-13 – результат пеленгации

ходится в пределах от 0,2% до 10,5%. Данная погрешность вполне сопоставима с полученными ранее результатами по определению направления на судно, удаляющееся от места наблюдения, поскольку измерения проводятся в шельфовой области моря. В данном случае при глубине моря около 40 м длина гидроакустической волны на частоте 33 Гц составляет около 45 м. Поэтому существенный вклад в ошибку вносят особенности трансформации гидроакустических волн на границе «вода–дно» и преобразования их энергии в энергию волн рэлеевского типа, распространяющихся по границе «вода–дно», а также различных других волн (продольных и поперечных, волн Стоунли и Лява). Учёт всех особенностей возможен только при точном знании о структуре морского дна и характеристиках пород морского дна, угла наклона морского дна и т.п.

## Выводы

В результате проведенной комплексной экспериментальной работы получены результаты регистрации береговым двухкоординатным лазерным деформографом сейсмоакустического сигнала, генерирующегося в результате работы в близлежащей акватории низкочастотного гидроакустического излучателя. Была применена методика генерации гидроакустического сигнала непрерывно движущимся излучателем с постоянными скоростью и удалением от места регистрации. Получены величины амплитуд акустического сигнала, зарегистрированного взаимно ортогональными компонентами лазерного деформографа. При прохождении источником излучения участка траектории, близкого к углу 45 градусов, по отношению к направлению осей лазерного деформографа, наблюдается уменьшение амплитуд сигналов, что связано с диаграммой направленности измерительных компонент. После проведенного анализа полученных данных определено, что береговые лазерные измерительные системы не только устойчиво регистрируют низкочастотные сигналы, генерирующиеся в близлежащей акватории, но и позволяют определить направление на источники излучения с ошибкой от 0,2% до 10,5% в рамках проведенной экспериментальной работы.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках выполнения темы государственного задания (№ 124022100074-9) «Изучение природы линейного и нелинейного взаимодействия геосферных полей переходных зон Мирового океана и их последствий».



## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Stammer K., Bischoff M., Brüstle A. German seismic and infrasound networks contributing to the European integrated data archive (EIDA) // *Seismological Research Letters*. 2021. Vol. 92. P. 1854–1875. DOI:10.1785/0220200401.
2. Gee L., Leith W.S. The Global Seismographic Network. U.S. Geological Fact Sheet. US Department of the Interior. US Geological Survey. 2011. DOI:10.3133/FS20113021.
3. Петрова Н.В., Красилов С.А., Горюнов С.Н., Кугаенко Ю.А., Курова А.Д. База данных "Информационные ресурсы Единой геофизической службы РАН". 2019. RU 2019622012.
4. Akal T., Jensen F.V. Ocean seismoacoustic propagation // *Progr. Congr. Acoust. Symp. Underwater Acoust.* Halifax. London, 1987. P. 493–500.
5. Чупин В.А., Долгих Г.И., Долгих С.Г., Овчаренко В.В., Пивоваров А.А., Самченко А.Н., Швец В.А., Швырев А.Н., Яковенко С.В., Ярошук И.О. Регистрация источников гидроакустического излучения системой пространственно-разнесенных лазерных деформографов // *Подводные исследования и робототехника*. 2022. № 4 (42). С. 62–70. DOI: 10.37102/1992-4429\_2022\_42\_04\_06.
6. Heyburn R., Bowers D., Green D. Seismic and hydroacoustic observations from recent underwater events in the South Atlantic Ocean // *Geophysical Journal International*. 2020. Vol. 223. P. 289–300. DOI: 10.1093/gji/ggaa291.
7. Hildebrand J.A. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean // *Marine Ecology Progress Series*. 2009. Vol. 395. P. 5–20. DOI: 10.3354/meps08353.
8. Dahlman O., Mackby J., Mykkeltveit S., Naak H. Detect and Deter: Can Countries Verify the Nuclear Test Ban // *Springer Science Business Media*. 2011. B. V. Dordrecht, The Netherlands. DOI:10.1007/978-94-007-1676-6.
9. Бородин А.Е., Долгих А.Г., Долгих Г.И., Фищенко В.К. Регистрация сейсмоакустических сигналов надводного судна двухкоординатным лазерным деформографом // *Акуст. журн*. 2016. Т 62. С. 59–69. DOI: 10.7868/S0320791915060027.
10. Долгих Г.И., Чупин В.А., Гусев Е.С., Овчаренко В.В. Пеленг зон генерации микросейсм "голоса моря" // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2021. Т 501. С. 226–230. DOI: 10.31857/S2686739721120033.
11. Чупин В.А., Будрин С.С., Долгих Г.И., Пивоваров А.А., Самченко А.Н., Швырёв А.Н., Ярошук И.О. Сезонная зависимость коэффициента трансформации гидроакустических волн в сейсмоакустические волны на границе «вода–дно» // *Подводные исследования и робототехника*. 2015. № 2 (20). С. 35–39.

## Справка об авторах

**ЧУПИН Владимир Александрович**, к.ф.-м.н., зав. лаб.

Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН

**Почтовый адрес:** 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43

**Область научных интересов:** сейсмоакустика, волновые процессы в океане, взаимодействие атмосферы и океана, крупномасштабные и синоптические процессы в океане.

**Тел.:** +79147908143. **E-mail:** chupin@poi.dvo.ru

**ORCID:** 0000-0001-5103-8138

**ДОЛГИХ Григорий Иванович**, д.ф.-м.н., академик РАН, профессор, директор

Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН

**Почтовый адрес:** 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43

**Область научных интересов:** физика геосфер, нанотехнологии, изучение физики возникновения, развития и трансформации геосферных процессов инфразвукового и звукового диапазонов, разработка и создание аппаратно-программных лазерно-интерференционных систем для исследования вариаций основных параметров геосфер с наноразрешением.

**Тел.:** 2311400. **E-mail:** dolgikh@poi.dvo.ru

**ORCID:** 0000-0002-2806-3834

**ДОЛГИХ Станислав Григорьевич**, к.ф.-м.н., в.н.с.

Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН

**Почтовый адрес:** 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43

**Область научных интересов:** геофизика, физика океана, сейсмика, океанология, волновые процессы мирового океана, взаимодействие геосфер, лазерная деформография.

**Тел.:** 2312598. **E-mail:** sdolgikh@poi.dvo.ru

**ORCID:** 0000-0001-9828-5929

**ПИВОВАРОВ Александр Александрович**, н.с.

Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН

**Почтовый адрес:** 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43

**Область научных интересов:** низкочастотная гидроакустика, сейсмоакустика, геоморфология шельфа и прибрежной зоны.

**Тел.:** 2312617. **E-mail:** pivovarov@poi.dvo.ru

**САМЧЕНКО Александр Николаевич**, к.г.н., с.н.с.

Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН

**Почтовый адрес:** 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43

**Область научных интересов:** геоакустическое моделирование, низкочастотная гидроакустика, сейсмоакустика, геоморфология шельфа и прибрежной зоны.

**Тел.:** 2312617. **E-mail:** samchenko.an@poi.dvo.ru

**ORCID:** 0000-0002-5184-0718

**ШВЫРЕВ Алексей Николаевич**, к.ф.-м.н., с.н.с.

Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН

**Почтовый адрес:** 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43

**Область научных интересов:** геоакустическое моделирование, низкочастотная гидроакустика, сейсмоакустика, геоморфология шельфа и прибрежной зоны.

**Тел.:** 2312617. **E-mail:** shvyrev@poi.dvo.ru

**ORCID:** 0000-0002-5184-0718

**ЯКОВЕНКО Сергей Владимирович**, к.т.н., в.н.с.

Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН

**Почтовый адрес:** 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43

**Область научных интересов:** Изучение физики возникновения, развития и трансформации геосферных процессов инфразвукового и звукового диапазонов. Разработка, моделирование и создание лазерно-интерференционного оборудования для исследования вариаций основных параметров геосфер.

**Тел.:** 2312598. **E-mail:** ser\_mail@poi.dvo.ru

**ORCID:** 0000-0003-3784-9449

**ЯРОЩУК Игорь Олегович**, д.ф.-м.н., доцент, зав. лаб.

Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН

**Почтовый адрес:** 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43

**Область научных интересов:** геоакустическое моделирование, низкочастотная гидроакустика, сейсмоакустика, геоморфология шельфа и прибрежной зоны.

**Тел.:** 2312617. **E-mail:** yaroshchuk@poi.dvo.ru

**ORCID:** 0000-0002-3212-9752

# REGISTRATION AND LOCALIZATION OF A HYDROACOUSTIC SOURCE BY A COASTAL MEASURING COMPLEX

**Chupin V.A., Dolgikh G.I., Dolgikh S.G., Pivovarov A.A.,  
Samchenko A.N., Shvyrev A.N., Yakovenko S.V., Yaroshchuk I.O.**

The actual problem of the presented research is to study the peculiarities of acoustic signal transformation at the geosphere boundary in the “water-land” transition zone. The signal energy of a moving hydroacoustic radiation source is transformed in the coastal zone into seismoacoustic oscillations recorded by a coastal two-coordinate laser deformograph. The spatial position of the measuring components of the laser deformograph makes it possible to localize the displacement of an object in the nearby water area based on the study of variations in the amplitude of the recorded signal. The methodology of the experiment based on the movement of the transmitter with constant speed and distance from the shore measurement system is described. As a result of the experiment, a stable registration of the seismoacoustic signal was obtained along the entire trajectory of the transmitter with a decrease in the amplitude of the received signal when it is at an angle close to 45 degrees. According to the results of the analysis of variations in the amplitude of the registered signal on differently directed components of the laser deformograph, the results of direction finding of the source of low-frequency hydroacoustic radiation were obtained, with the error in determining the direction to the hydroacoustic source ranging from 0.2 % to 10.5 %.

**Keywords:** two-axis laser strainmeter, hydroacoustic transmitter, amplitude modulation, transformation of acoustic signals

## References

1. Stammer K., Bischoff M., Brüstle A. et al. (2021) German seismic and infrasound networks contributing to the European integrated data archive (EIDA). *Seismological Research Letters*. 2021. Vol. 92. P1854–1875. DOI: 10.1785/0220200401.
2. Gee L., Leith W.S. The Global Seismographic Network. U.S. Geological Fact Sheet. US Department of the Interior. US Geological Survey. 2011. DOI: 10.3133/FS20113021.
3. Petrova N.V., Krasilov S.A., Goryunov S.N., Kugaenko Y.A., Kurova A.D. Database INFORMATION RESOURCES OF THE UNITED GEOPHYSICAL SERVICE OF RAS. RU 2019622012. 2019
4. Akal T., Jensen F. B. Ocean seismoacoustic propagation. *Progr. Congr. Acoust. Symp. Underwater Acoust. Halifax. London*. 1987. P. 493–500.
5. Chupin V.A., Dolgikh G.I., Dolgikh S.G., Ovcharenko V.V., Pivovarov A.A., Samchenko A.N., Shvets V.A., Shvyrev A.N., Yakovenko S.V., Yaroshchuk I.O. Registration of the hydroacoustic radiation sources by a system of spatially separated laser strainmeters. *Underwater investigations and robotics*. 2022. No. 4 (42). P. 62–70. DOI: 10.37102/1992-4429\_2022\_42\_04\_06.
6. Heyburn R., Bowers D., Green D. Seismic and hydroacoustic observations from recent underwater events in the South Atlantic Ocean. *Geophysical Journal International*. 2020. V. 223. P. 289–300. DOI: 10.1093/gji/ggaa291.
7. Hildebrand J.A. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Marine Ecology Progress Series*. 2009. Vol. 395. P. 5–20. DOI: 10.3354/meps08353.
8. Dahlman O., Mackby J., Mykkeltveit S., Haak H. Detect and Deter: Can Countries Verify the Nuclear Test Ban. Springer Science Business Media B.V, Dordrecht, The Netherlands. 2011. DOI: 10.1007/978-94-007-1676-6.
9. Borodin A.E., Dolgikh A.G., Dolgikh G.I., Fishchenko V.K. Recording seismoacoustic signals of a surface vessel with a two-coordinate strainmeter. *Acoustical Physics*. 2016. Vol. 62. No. 1. P. 64–73. DOI: 10.1134/S1063771015060020.
10. Dolgikh G.I., Chupin V.A., Gusev E.S., Ovcharenko V.V. Finding the location of generation zones of “voice of the sea” microseisms. *Doklady Earth Sciences*. 2021. Vol. 501. No. 2. P. 1087–1090. DOI: 10.1134/S1028334X21120035.
11. Chupin V.A., Budrin S.S., Dolgikh G.I., Pivovarov A.A., Samchenko A.N., Shvyrev A.N., Yaroshchuk I.O. Seasonal dependence of transformation coefficient of hydroacoustic in seismoacoustic waves on border “water-bottom”. *Underwater investigations and robotics*. 2015. No. 2 (20). P. 35–39.

### Recommended citation:

Chupin V.A., Dolgikh G.I., Dolgikh S.G., Pivovarov A.A., Samchenko A.N., Shvyrev A.N., Yakovenko S.V., Yaroshchuk I.O. REGISTRATION AND LOCALIZATION OF A HYDROACOUSTIC SOURCE BY A COASTAL MEASURING COMPLEX. 2024. No. 2 (48). P. 4–11. DOI: 10.37102/1992-4429\_2024\_48\_02\_01. EDN: APEWRL.

## About the authors

**CHUPIN Vladimir Alexandrovich**, Ph.D., Head of Laboratory Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

**Postal address:** 690041, Vladivostok, Baltiyskaya St., 43

**Research interests:** seismoacoustics, wave processes in the ocean, interaction of the atmosphere and ocean, large-scale and synoptic processes in the ocean.

**Phone:** +79147908143. **E-mail:** chupin@poi.dvo.ru

**ORCID:** 0000-0001-5103-8138

**DOLGIKH Grigory Ivanovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Director

Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

**Postal address:** 690041, Vladivostok, Baltiyskaya St., 43

**Research interests:** physics of geospheres, nanotechnology, study of the physics of the origin, development and transformation of geospheric processes of the infrasound and sound ranges, development and creation of hardware-software laser-interference systems for studying variations of the main parameters of geospheres with nanolevel accuracy.

**Phone:** 2311400. **E-mail:** dolgikh@poi.dvo.ru

**ORCID:** 0000-0002-2806-3834

**DOLGIKH Stanislav Grigorievich**, Ph.D., Leading Researcher Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

**Postal address:** 690041, Vladivostok, Baltiyskaya St., 43

**Research interests:** geophysics, ocean physics, seismic, oceanology, wave processes of the World Ocean, interaction of geospheres, laser deformography.

**Phone:** 2312598.

**E-mail:** sdolgikh@poi.dvo.ru

**ORCID:** 0000-0001-9828-5929

**PIVOVAROV Aleksandr Aleksandrovich**, researcher Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

**Postal address:** 690041, Vladivostok, Baltiyskaya St., 43

**Research interests:** low-frequency hydroacoustics, seismoacoustics, geomorphology of the shelf and coastal zone.

**Phone:** 2312617.

**E-mail:** pivovarov@poi.dvo.ru

**SAMCHENKO Aleksandr Nikolaevich**, Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher

Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

**Postal address:** 690041, Vladivostok, Baltiyskaya St., 43

**Research interests:** geoacoustic modeling, low-frequency hydroacoustics, seismoacoustics, geomorphology of the shelf and coastal zone.

**Phone:** 2312617. **E-mail:** samchenko.an@poi.dvo.ru

**ORCID:** 0000-0002-5184-0718

**SHVYREV Aleksey Nikolaevich**, Ph.D., Senior Researcher Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

**Postal address:** 690041, Vladivostok, Baltiyskaya St., 43

**Research interests:** geoacoustic modeling, low-frequency hydroacoustics, seismoacoustics, geomorphology of the shelf and coastal zone.

**Phone:** 2312617. **E-mail:** shvyrev@poi.dvo.ru

**ORCID:** 0000-0002-5184-0718

**YAKOVENKO Sergey Vladimirovich**, Ph.D., Leading Researcher

Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

**Postal address:** 690041, Vladivostok, Baltiyskaya St., 43

**Research interests:** study of the physics of the origin, development and transformation of geospheric processes of the infrasound and sound ranges. Development, modeling and creation of laser-interference equipment for the study of variations in the main parameters of geospheres.

**Phone:** 2312598. **E-mail:** ser\_mail@poi.dvo.ru

**ORCID:** 0000-0003-3784-9449

**YAROSHCHUK Igor Olegovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of Laboratory Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

**Postal address:** 690041, Vladivostok, Baltiyskaya St., 43

**Research interests:** geoacoustic modeling, low-frequency hydroacoustics, seismoacoustics, geomorphology of the shelf and coastal zone.

**Phone:** 2312617. **E-mail:** yaroshchuk@poi.dvo.ru

**ORCID:** 0000-0002-3212-9752

