

**ФИЗИКА ГЕОСФЕР**

---

**PHYSICS OF GEOSPHERES**

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION  
**V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute**  
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

# PHYSICS OF GEOSPHERES

The collection of scientific articles  
on selected materials  
XI All-Russian Symposium  
“Physics of Geospheres”

Issue 2



Vladivostok  
Dalnauka  
2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
**Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва**  
Дальневосточного отделения Российской академии наук

# **ФИЗИКА ГЕОСФЕР**

Сборник научных статей  
по избранным материалам  
XI Всероссийского симпозиума  
«Физика геосфер»

Выпуск 2



Владивосток  
Дальнаука  
2020

UDC 534.23

**Physics of geospheres.** Iss. 2. – Vladivostok. V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, 2020. 192 p.

The collection of selected scientific articles was prepared in the hydroacoustic direction, the importance of research on which was repeatedly emphasized during the 11-th All-Russian Symposium «Physics of Geospheres.» The collection discusses some of the key problems, associated with the formation, distribution and transformation of different-scale hydroacoustic fields in the offshore zones of the seas.

Editorial board:

*Dolgikh Grigory Ivanovich* – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of RAS, V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS;

*Korochentsev Vladimir Ivanovich* – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Far Eastern Federal University;

*Lugovoy Vladimir Alexandrovich* – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Institute of Mining FEB RAS;

*Yaroshchuk Igor Olegovich* – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS.

The publication of the article collection was supported by the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.

Approved for publication by the Academic Council of the V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of FEB RAS.

ISSN 2686-7621

© V.I. Il'ichev Pacific Oceanological  
Institute of FEB RAS, 2020

© Authors, 2020

© Dalnauka, 2020

УДК 534.23

**Физика геосфер.** Вып. 2. – Владивосток: ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, 2020. 192 с.

Сборник избранных научных статей подготовлен по гидроакустическому направлению, важность исследований по которому неоднократно подчеркивалась при проведении одиннадцатого Всероссийского симпозиума «Физика геосфер». В сборнике рассматриваются некоторые ключевые проблемы, связанные с формированием, распространением и трансформацией разномасштабных гидроакустических полей в шельфовых зонах морей.

Редакционная коллегия:

*Долгих Григорий Иванович* – академик РАН, д.ф.-м.н., Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН.

*Короченцев Владимир Иванович* – д.ф.-м.н., Дальневосточный федеральный университет.

*Луговой Владимир Александрович* – д.ф.-м.н., Институт горного дела ДВО РАН.

*Ярошук Игорь Олегович* – д.ф.-м.н., Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН.

Издание сборника статей осуществлено при поддержке ДВО РАН.

Утверждено к печати Ученым советом Тихоокеанским океанологическим институтом им. В.И. Ильичёва ДВО РАН.

ISSN 2686-7621

© Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, 2020

© Коллектив авторов, 2020

© «Издательство Дальнаука», 2020

## CONTENT

|   |     |
|---|-----|
| Preface .....   | 8   |
| <i>Bulanov V.A., Korskov I.V., Storozhenko A.V.</i> ON SOUND SCATTERING<br>IN THE UPPER LAYER AND ON THE SHELF OF THE NORTH-<br>WEST PACIFIC OCEAN .....                                      | 10  |
| <i>Bulanov V.A., Korskov I.V.</i> ACOUSTIC NONLINEARITY OF THE UPPER<br>OCEAN LAYER .....   | 28  |
| <i>Dolgikh G.I., Budrin S.S., Dolgikh S.G., Ovcharenko V.V., Chupin V.A.,<br/>Shvets V.A., Yakovenko S.V.</i> PECULIARITIES OF HYDROACOUS-<br>TIC WAVE PROPAGATION ON A WEDGE SHELF .....     | 50  |
| <i>Dorozhko V.M., Gorovoy S.V., Korenbaum V.I.</i> ON REGISTERING RESPIRA-<br>TORY-ASSOCIATED NOISES OF SCUBA-DIVER IN SHALLOW<br>WATER WITH BOTTOM-MOUNTED HYDROPHONES .....                 | 74  |
| <i>Kasatkin S.B.</i> IDENTIFICATION OF NORMAL WAVES FORMING<br>A SOUND FIELD IN A SHALLOW SEA AT THE INFRASONIC<br>FREQUENCY RANGE. Part I .....  | 83  |
| <i>Kasatkin S.B.</i> IDENTIFICATION OF NORMAL WAVES FORMING<br>A SOUND FIELD IN A SHALLOW SEA AT THE INFRASONIC<br>FREQUENCY RANGE. Part II .....   | 101 |
| <i>Korenbaum V.I., Gorovoy S.V., Tagilcev A.A., Borodin A.E.</i> DEVELOPMENT<br>OF SMALL-SIZE LOW-FREQUENCY PRESSURE GRADIENT<br>SENSORS .....  | 114 |
| <i>Manul'chev D.S.</i> ENERGY PROPAGATION OF THE LOW-FREQUENCY<br>PULSE ENERGY IN VITYAZ BAY .....  | 125 |
| <i>Pivovarov A.A., Yaroshchuk Y.O., Samchenko A.N., Shvyrev A.N.</i> AN AUTO-<br>NOMOUS LOW-FREQUENCY BROADBAND HYDROACOUS-<br>TIC EMITTING STATION .....                                     | 135 |
| <i>Rutenko A.N., Ushchipovskii V.G., Radaev I.R.</i> ACOUSTIC SIGNALS<br>GENERATED BY SNAPPING SHRIMP IN VITYAZ BAY .....   | 142 |
| <i>Salomatin A.S.</i> THE BUBBLE SEEPAGE AREAS IN THE TATAR STRAIT<br>OF THE JAPAN SEA.....   | 155 |
| <i>Samchenko A.N., Pivovarov A.A., Shvyrev A.N., Yaroshchuk I.O.</i> EXPERI-<br>MENTAL STUDIES OF THE DISTRIBUTION OF VARIOUS<br>SPECIES OF SEISMOACOUSTIC WAVES IN THE COASTAL<br>ZONE ..... | 168 |
| <i>Fedorovskiy A.S.</i> NEW OPPORTUNITIES FOR RIVER EXPLORATION<br>WITH UAV .....   | 177 |

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| Предисловие .....   | 9   |
| <i>Буланов В.А., Корсков И.В., Стороженко А.В.</i> О РАССЕЙЯНИИ ЗВУКА В ВЕРХНЕМ СЛОЕ И НА ШЕЛЬФЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА .....  | 10  |
| <i>Буланов В.А., Корсков И.В.</i> АКУСТИЧЕСКАЯ НЕЛИНЕЙНОСТЬ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ОКЕАНА .....  | 28  |
| <i>Долгих Г.И., Будрин С.С., Долгих С.Г., Овчаренко В.В., Чупин В.А., Швец В.А., Яковенко С.В.</i> ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН НА КЛИНОВИДНОМ ШЕЛЬФЕ ..... | 50  |
| <i>Дорожко В.М., Горовой С.В., Коренбаум В.И.</i> О РЕГИСТРАЦИИ ШУМОВ ДЫХАНИЯ ВОДОЛАЗА-АКВАЛАНГИСТА В МЕЛКОВОДНОЙ АКВАТОРИИ РАЗМЕЩЕННЫМИ У ДНА ГИДРОФОНАМИ .....                  | 74  |
| <i>Касаткин С.Б.</i> ИДЕНТИФИКАЦИЯ НОРМАЛЬНЫХ ВОЛН, ФОРМИРУЮЩИХ ЗВУКОВОЕ ПОЛЕ В МЕЛКОМ МОРЕ В ИНФРАЗВУКОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ. Часть I .....                                       | 83  |
| <i>Касаткин С.Б.</i> ИДЕНТИФИКАЦИЯ НОРМАЛЬНЫХ ВОЛН, ФОРМИРУЮЩИХ ЗВУКОВОЕ ПОЛЕ В МЕЛКОМ МОРЕ В ИНФРАЗВУКОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ. Часть II .....                                      | 101 |
| <i>Коренбаум В.И., Горовой С.В., Тагильцев А.А., Бородин А.Е.</i> РАЗРАБОТКА МАЛОГАБАРИТНЫХ ПРИЕМНИКОВ ГРАДИЕНТА ДАВЛЕНИЯ НИЗКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА .....                         | 114 |
| <i>Манульчев Д.С.</i> РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ НИЗКОЧАСТОТНОГО ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА В БУХТЕ ВИТЯЗЬ .....  | 125 |
| <i>Пивоваров А.А., Яроцук И.О., Самченко А.Н., Швырев А.Н.</i> АВТОНОМНАЯ НИЗКОЧАСТОТНАЯ ШИРОКОПОЛОСНАЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ ИЗЛУЧАЮЩАЯ СТАНЦИЯ .....                                | 135 |
| <i>Рутенко А.Н., Ущиповский В.Г., Радаев И.Р.</i> АКУСТИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ, ГЕНЕРИРУЕМЫЕ РАКОМ-ЩЕЛКУНОМ В Б. ВИТЯЗЬ .....   | 142 |
| <i>Саломатин А.С.</i> ЗОНЫ ПУЗЫРЬКОВОЙ РАЗГРУЗКИ МЕТАНА В ТАТАРСКОМ ПРОЛИВЕ ЯПОНСКОГО МОРЯ .....  | 155 |
| <i>Самченко А.Н., Пивоваров А.А., Швырев А.Н., Яроцук И.О.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ .....     | 168 |
| <i>Федоровский А.С.</i> НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕК С ПОМОЩЬЮ БПЛА .....   | 177 |

## PREFACE

The All-Russian symposium “Physics of Geospheres” is held every two years and the eleventh took place in 2019. The subject of the symposium covers and connects practically all areas of scientific research of V.I. Il’ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS. which are concentrated in the following sections: 1. Contemporary methods and tools for monitoring and tomography of transition zones; 2. Geological and geophysical structure of transition zones (experimental and model-theoretical studies); 3. Modelling of seismoacoustic-hydrophysical processes of transition zones. The main idea of the symposium is that any processes, occurring in one of the geospheres cannot be considered in isolation from the processes, occurring in neighboring geospheres. In order to study the causes of the occurrence and development of various geosphere processes, it is necessary to monitor simultaneously in all geospheres in the infrasonic and sound ranges. Part of such monitoring is devoted to hydroacoustic methods and means, which cover almost the entire sound and partly high-frequency infrasonic ranges. The hydroacoustic direction is the most important one, focused on obtaining world-class fundamental and applied results.

At the same time, one should not forget about the possible impact on the spatio-temporal structure of hydroacoustic fields of different-scale hydrophysical fields, as indicated in separate sections of some articles of the collection. Investigation of these effects is connected with the hope of tracking variations in the main parameters of hydrophysical fields according to the peculiarities of changes in the spatio-temporal structure of artificially created hydroacoustic fields. The results of research, related to the study of the regularities of the transformation of hydroacoustic into seismoacoustic waves are extremely important for understanding the behavior of more low-frequency waves during their transformation at the boundaries of geospheres.

Some of these results are presented in the articles of this collection, the subject of which is entirely devoted to the hydroacoustic direction, which plays a major role in the study of various multi-scale geosphere processes and phenomena.



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Всероссийский симпозиум «Физика геосфер» проводится раз в два года и в 2019 году состоялся одиннадцатый. Тематика симпозиума практически охватывает и связывает все направления научных исследований Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, которые сконцентрированы в следующих разделах: 1. Современные методы и средства мониторинга и томографии переходных зон; 2. Геолого-геофизическая структура переходных зон (экспериментальные и модельно-теоретические исследования); 3. Моделирование сейсмоакустико-гидрофизических процессов переходных зон. Основная идея симпозиума связана с тем, что любые процессы, происходящие в одной из геосфер, нельзя рассматривать в отрыве от процессов, происходящих в соседних геосферах. С целью изучения причин возникновения и развития различных геосферных процессов необходимо проводить мониторинг одновременно во всех геосферах в инфразвуковом и звуковом диапазонах. Часть такого мониторинга отводится гидроакустическим методам и средствам, закрывающим практически весь звуковой и частично высокочастотный инфразвуковой диапазоны. Гидроакустическое направление является важнейшим направлением, ориентированным на получение фундаментальных и прикладных результатов мирового уровня.

При этом нельзя забывать о возможном воздействии на пространственно-временную структуру гидроакустических полей разномасштабных гидрофизических полей, на что указано в отдельных разделах некоторых статей сборника. Исследование данных эффектов связано с надеждой отслеживания вариаций основных параметров гидрофизических полей по особенностям изменения пространственно-временной структуры искусственно созданных гидроакустических полей. Результаты исследований, связанные с изучением закономерностей трансформации гидроакустических волн в сейсмоакустические, крайне важны для понимания поведения более низкочастотных волн при их трансформации на границе геосфер.

Некоторые такие результаты приведены в статьях настоящего сборника, тематика которого целиком отведена гидроакустическому направлению, играющему важнейшую роль при исследовании разномасштабных геосферных процессов и явлений.