

ЭКСПЕРИМЕНТЫ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

DOI: 10.22363/2224-7580-2025-1-140-148

EDN: YPAIQI

О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ПРОДОЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В ПРЕСНОВОДНОЙ СРЕДЕ*

В.А. Панчелюга^{1**}, М.С. Панчелюга¹, А.К. Томилин^{2***}

*¹Институт теоретической и экспериментальной биофизики
Российской академии наук
Российская Федерация, 142290, г. Пуцино Московской обл.,
ул. Институтская, д. 3*

*²Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Российская Федерация, 634050, Томск, проспект Ленина, 30*

Аннотация. Приведен краткий обзор экспериментальных работ, которые в совокупности ведут к идее существования продольно-скалярных волн. Детально рассматриваются эксперименты, выполненные на Можайском водохранилище и демонстрирующие возможность распространения электромагнитных волн между передающим и приемным модулями на расстоянии 150–200 м (1000 и более длин волн) на глубине 4 м (27 длин волн). Полученный результат и конструкция используемой антенной системы позволяют предположить, что связь между передающим и приемным модулями осуществлялась с использованием продольно-скалярных волн. Показана возможность распространения сигнала через границы «вода–воздух» и «воздух–вода».

Ключевые слова: поперечные электромагнитные волны, продольные электромагнитные волны, обобщенные уравнения Максвелла, скалярное магнитное поле

Введение

Задача настоящей статьи связана с двумя тесно связанными между собой проблемами. С одной стороны, она имеет отношение к экспериментальному доказательству существования продольных электромагнитных волн, а с

* Работа выполнена в рамках государственного задания № 075-00223-25-00.

** E-mail: VictorPanchelyuga@gmail.com

*** E-mail: aktomilin@tpu.ru

другой – к проблеме коммуникаций с подводными объектами. Последняя проблема до сих пор не имеет удовлетворительного решения. Использование для ее решения сверхнизких частот электромагнитного диапазона влечет применение крупногабаритных антенн с размерами порядка десяти километров и ограниченно крайне низкой скоростью передачи данных. Системы гидроакустической связи также имеют ряд существенных недостатков. По этим причинам поиск принципиально новых высокоскоростных средств связи с подводными объектами является актуальной научной задачей. Наличие таких средств связи, принципиальная ее возможность является одним из доказательств существования продольных волн.

Одной из важных задач, имеющих отношение к отмеченной выше проблеме, является сферически симметричная электродинамическая задача, сформулированная, в частности, в статье Б.М. Болотовского и В.А. Угарова [1], опубликованной в 1976 году. В [1] предлагается определить электромагнитное поле расширяющегося (пульсирующего) проводящего шара, по поверхности которого равномерно распределен электрический заряд. Проблема заключается в определении конфигурации электромагнитного поля, генерируемого радиальными токами. Авторы статьи приходят к выводу, что электрическое поле вне расширяющегося шара будет постоянным, а магнитные поля, созданные соседними радиальными токами, полностью компенсируются. Таким образом, авторы приходят к заключению, что электродинамический процесс не возникает и все сводится к электростатике. По этой причине сфера с нестационарным зарядом излучать не может.

Тем не менее известны эксперименты [2–4], в которых авторы полагают, что электромагнитный сигнал передается между шаровыми антеннами с помощью так называемых продольных (электроскалярных) волн. Во всех этих экспериментах используется трансформатор Теслы со спиральными обмотками, который позволяет концентрировать на сфере достаточно высокий электрический потенциал. Несмотря на успешность [2–4], в этих работах нельзя полностью исключить существование канала связи между передатчиком и приемником на поперечных электромагнитных волнах. В этих случаях излучает не шаровая антенна, а другие токонесущие элементы экспериментальной установки.

Но зафиксированный в эксперименте Сакко-Томилина [4] факт передачи электромагнитного сигнала из закрытой клетки Фарадея является весомым аргументом в пользу существования продольных волн, так как с использованием поперечных электромагнитных волн такая передача невозможна.

Однако наиболее надежно поперечные волны отсекаются в случае организации подводного электромагнитного канала связи. Первый комплект шаровых антенн для такого канала был создан во Владивостоке. Эксперимент [5–7] был произведен 27 октября 2020 года в бухте Новик (остров Русский). Передающий и приемный модули были полностью автономны: источник питания, передатчик (приемник), диктофон размещались в герметичных боксах.

Антенная система состояла из плоской катушки Тесла диаметром 320 мм из 29 витков медного провода диаметром 2 мм. Центральный вывод катушки

соединялся с медным шаром диаметром 60 мм. Сигнал с выхода радиостанции «Навигатор – 882М» на частоте 27.4 МГц, модулированный по амплитуде частотой тонального вызова 509 Гц, подавался на передающую антенну. Мощность радиостанции не превышала 4 Вт.

Приемный модуль был установлен на заякоренном буре на глубине 6 м. Глубина моря в этом месте составляла 13 м. Проводимость морской воды в районе испытаний – 4,77 См/м, температура – 8 °С. Приемный и передающий модули опускались в море на нейлоновых фалах, не имеющих металлических частей. Это обеспечивало полную автономность обоих модулей при погружении. Передающий модуль равномерно буксировался катером со скоростью 0,3 м/с в сторону от приемного модуля на глубине 4 м от поверхности моря.

Расстояние между передающим и приемным модулями изменялось от 20 м на 9-й минуте записи до максимального значения 470.7 м на 43-й минуте. Средняя спектральная плотность мощности (СПМ) сигнала для частот 508–510 Гц во время передачи поддерживалась на уровне 184–185 дБ, что обусловлено работой автоматической регулировки усиления в приемнике. Средняя СПМ помехи в то же время для частот 495–497 Гц составила около 154 дБ. Таким образом, зарегистрированный в эксперименте уровень отношения сигнал/шум для полосы пропускания 2 Гц составил около 30 дБ.

Также были зафиксированы факты уверенной передачи радиосигналов между модулями при их нахождении в различных средах: с 4-й по 9-ю минуту – из воздуха в воду и с 43-й по 45-ю минуту – из воды в воздух, когда расстояние между антеннами составляло более 6 м.

В 2022–2024 годах эксперимент был повторен во Владивостоке несколько раз. Глубина погружения антенн увеличилась, а расстояние между ними достигло нескольких километров. В одном из экспериментов транслировалась песня В. Высоцкого «Товарищи ученые...».

Есть информация об успешном повторении эксперимента [5–6] в Китае: голосовой сигнал был передан в морской воде на расстояние 4,5 км. Отмечается высокое качество переданного сигнала.

Более детальное описание упомянутых выше экспериментов [2–7] приведено в работе [8].

Эксперименты на Можайском водохранилище

В 2024 году было закончено изготовление нового комплекта приемопередающего оборудования и произведена серия экспериментов на Можайском водохранилище.

Можайское водохранилище (неофиц. также Можайское море или Можайка) – искусственный водоём на западе Московской области, на территории Можайского района, является крупнейшим водохранилищем региона. Оно образовано в 1960–1962 годы в результате сооружения гидроузла на реке Москва, выше города Можайска. Площадь водохранилища 30,7 км². Ширина до 3,5 км, длина около 47 км. Максимальная глубина достигает 22,5 м. Проводимость воды (на основе образцов, взятых в местах проведения измерений), в среднем, 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ при температуре 28 °С.

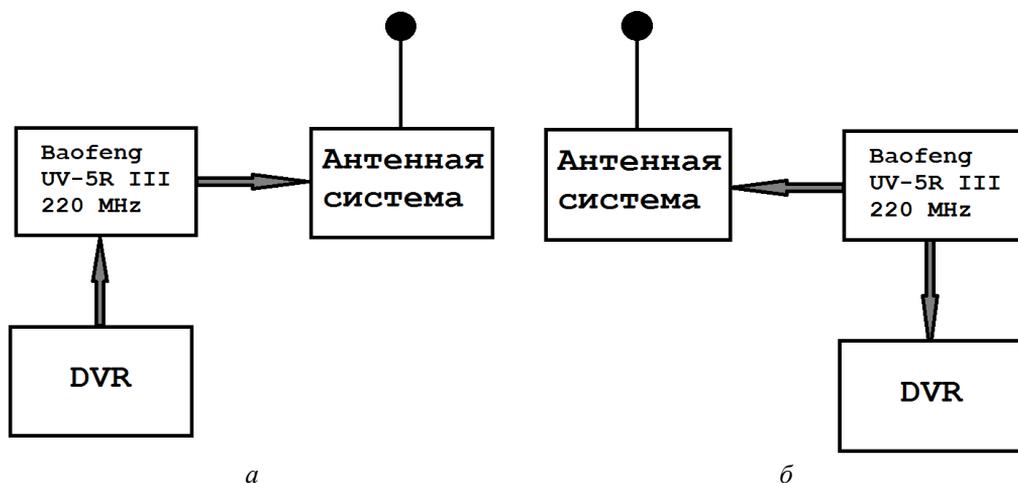


Рис. 1. Блок-схемы передающего (а) и приемного (б) модулей
Источник: составлено авторами.

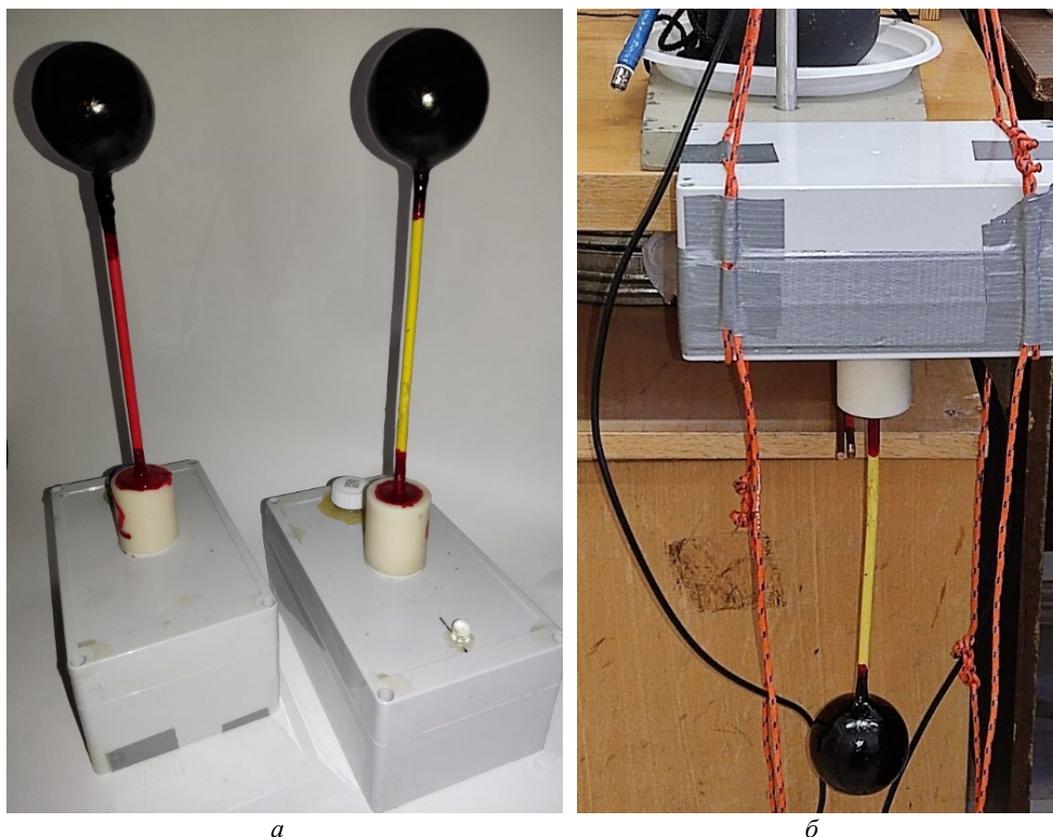


Рис. 2. Внешний вид передающего и приемного модулей (а);
вид приемного модуля с обвязкой, необходимой
для крепления груза и подвеса его на тросе буй (б)

Источник: фото авторов.

Средняя глубина водохранилища в местах погружения приемного и передающего блоков составляла 8–10 м, глубина погружения блоков равнялась 4 м. Используемая несущая частота – 220 МГц. Длина волны в воде при этом составляла 0,15 м. Если сравнивать параметры экспериментов на Японском

море [5-6] и Можайском водохранилище в длинах волн (а только такое сравнение может быть физически корректным), то параметры пресноводных измерений сопоставимы или превосходят некоторые параметры экспериментов в морской воде.

Блок-схемы передающего и приемного модулей приведены на рис. 1, *а* и *б* соответственно. Оба блока имеют идентичные антенные системы с излучателем в виде медного шара, имеющего диаметр 60 мм. Сигнал на передающую антенную систему подается с выхода радиостанции Baofeng UV-5RIII, как отмечено выше, на частоте 220 МГц. Мощность передатчика, используемая в экспериментах, равнялась 4 и 1 Вт (режимы повышенной и пониженной мощности Baofeng UV-5RIII). В тех экспериментах, где передающий модуль погружался под воду в полностью изолированном режиме, использовался цифровой диктофон DVR который в циклическом режиме воспроизводил управляющий сигнал в виде чередующихся тоновых сигналов на частоте 1 кГц, которые в VOX-режиме управляли выходным сигналом Baofeng UV-5RIII. Во всех экспериментах использовалась частотная модуляция несущей частоты передатчика.

Приемный модуль (рис. 1, *б*) использует ту же радиостанцию Baofeng UV-5RIII в режиме приемника, сигнал с которой записывается на цифровой диктофон DVR и в дальнейшем используется для компьютерной обработки с использованием специальных программ. Антенный разъем радиостанции подключен к шаровой антенной системе.

Внешний вид передающего и приемного модулей приведен на рис. 2, *а*. На рис. 2, *б* показан приемный модуль в обвязке, используемой для крепления «якорного» груза и подвеса самого модуля на тросе буя, который позволяет фиксировать глубину погружения, как это показано на рис. 3–6.

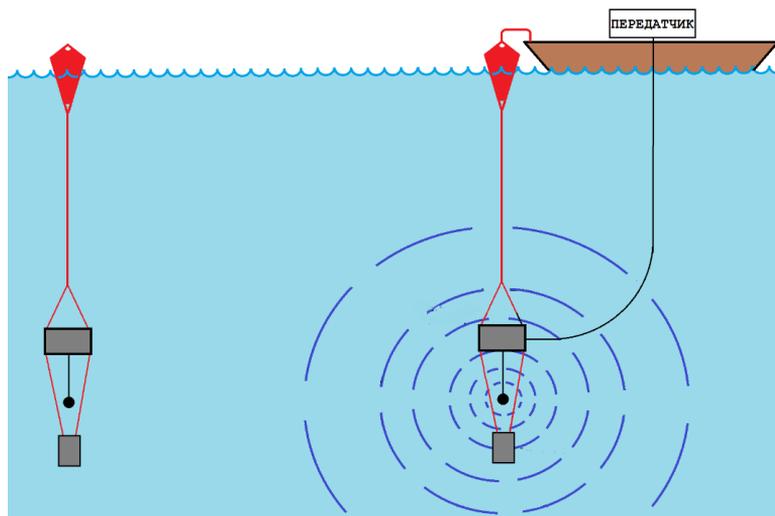


Рис. 3. Измерения по схеме «вода–вода» с шаровыми антеннами. Приемный блок (слева) полностью изолирован и находится под водой на глубине 4 м: антенная система передатчика находится под водой на глубине 4 м и соединена радиочастотным кабелем с радиостанцией, которая находится в лодке

Источник: составлено авторами.

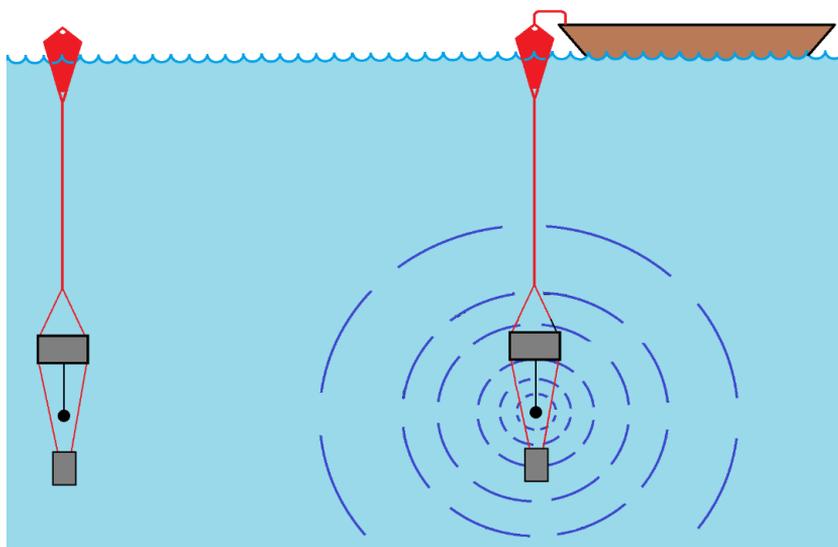


Рис. 4. Измерения по схеме «вода–вода» с шаровыми антеннами. Приемный и передающий блоки полностью изолированы и находятся под водой на глубине 4 м
 Источник: составлено авторами.

На рис. 3–4 приведены схемы экспериментов по схеме «вода–вода» с шаровыми антеннами. Эксперименты отличаются в том, что в схеме, показанной на рис. 3, приемный блок (слева) полностью изолирован и находится под водой на глубине 4 м. Антенная система передатчика располагается под водой на глубине 4 м и соединена радиочастотным кабелем с радиостанцией, которая находится в лодке. В данной схеме возможно излучение поперечных электромагнитных волн радиостанцией, находящейся в лодке, и радиочастотным кабелем. Но, учитывая тот факт, что, согласно современным представлениям, поперечные волны в проводящей среде практически полностью затухают на расстоянии, равном половине длины волны, поперечные волны не должны регистрироваться антенной приемника.

Схема, показанная на рис. 4, основана на полном погружении передающего и приемного модулей. В данном случае приемный и передающий модули полностью изолированы и находятся под водой на глубине 4 м. Говоря «полностью изолированы», мы имеем в виду, что 1) модули электрически изолированы от окружающей водной среды и 2) модули связаны с буями непроводящими капроновыми тросами. При этом любые поперечные электромагнитные волны, которые могут быть сгенерированы передающим модулем, затухают на расстоянии, равном половине длины волны, то есть порядка 7,5 см. Учитывая, что в ходе эксперимента была обнаружена устойчивая связь между модулями, которые находились на значительно больших расстояниях, чем половина длины волны, мы можем заключить, что наблюдаемая связь реализуется с помощью продольно-скалярных волн.

Следующая серия экспериментов была выполнена по схемам, показанным на рис. 5. Приемные блоки (слева) были полностью изолированы и находились под водой на глубине 4 м. В первом случае (рис. 5, а) измерения

выполнялись по схеме «воздух–вода» с шаровыми антеннами. В данном случае была обнаружена связь между приемным и передающим модулями. Во втором случае (рис. 5, б) измерения также выполнялись по схеме «воздух–вода» с шаровой антенной (приемник) и штатной антенной (передатчик). В данном случае также была обнаружена связь между приемным и передающим модулями. Необходимо отметить, что связь обнаруживалась на расстояниях от 1–2 до 150–200 м.

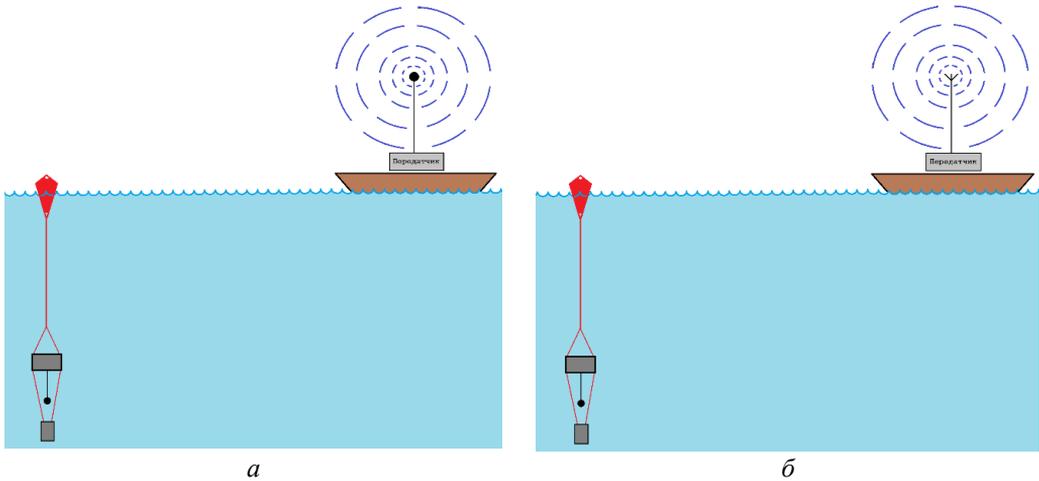


Рис. 5. Измерения по схеме «воздух–вода» с шаровыми антеннами (а); измерения по схеме «воздух–вода» с шаровой антенной (приемник) и штатной антенной (передатчик) (б). Приемные блоки (слева) полностью изолированы и находятся под водой на глубине 4 м
 Источник: составлено авторами.

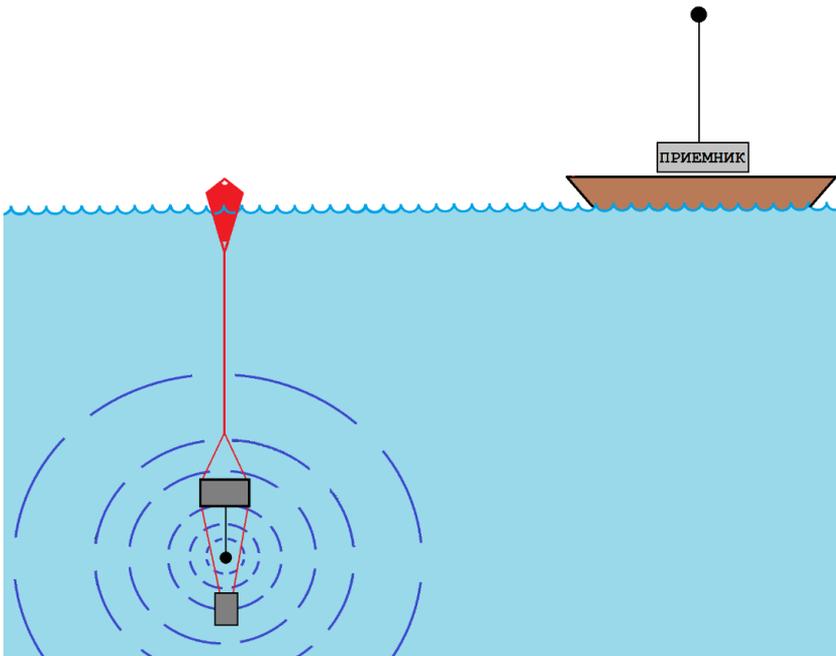


Рис. 6. Измерения по схеме «вода–воздух» с шаровыми антеннами. Передающий блок (слева) полностью изолирован и находится под водой на глубине 4 м. Приемный блок находится в воздухе
 Источник: составлено авторами.

На рис. 6 представлена схема эксперимента по схеме «вода–воздух» шаровыми антеннами. В отличие от рис. 5 в данном случае в подводном положении находится передающий модуль, который полностью изолирован и располагается под водой на глубине 4 м. Приемный блок находится в воздушной среде. В данном случае также была обнаружена устойчивая связь между передающим и приемным модулями.

Заключение

Как уже отмечалось выше, дальность связи, полученная в экспериментах на Можайском водохранилище, составляла 150–200 м. Учитывая, что, согласно теоретическим представлениям [9], дальность связи прямо пропорциональна проводимости среды, можно оценить значения дальности, которое будет получено при измерениях в морской воде. Проводимость морской воды на основе измерений, выполненных в Лермонтово (Черное море) в апреле 2004 г.: 18057 $\mu\text{s/cm}$ и 19095 $\mu\text{s/cm}$ (28,6 °C). Принимая за среднее значение проводимости черноморской морской воды 19500 $\mu\text{s/cm}$, а воды в Можайском водохранилище 250 $\mu\text{s/cm}$ (при 28 °C) получаем, что проводимость морской воды в 78 раз ($19500 / 250 = 78$) больше проводимости воды в Можайском водохранилище.

Если предположить линейную зависимость дальности подводной радиосвязи от проводимости морской воды, то полученное нами значение дальности 150–200 м должно быть эквивалентно 12–15 км в черноморской морской воде. Таким образом, используя упомянутую линейную зависимость, мы можем определить предельную дальность связи в морской воде на основе измерений, выполненных в пресноводных водоемах.

Использование шаровых антенн в контексте всего вышесказанного свидетельствует о необходимости получения адекватного решения сферически-симметричной электродинамической задачи, так как полученные результаты говорят о том, что сферические антенны излучают. Это обстоятельство вкупе с тем, что высокочастотный канал радиосвязи в морской среде невозможно организовать с использованием свободных поперечных электромагнитных волн позволяет предположить, что обнаруженная подводная радиосвязь реализуется с использованием продольно-скалярных высокочастотных электромагнитных волн.

В настоящее время сформировалась и развивается обобщенная электродинамическая теория [9], использующая модифицированные уравнения Максвелла, дополненные членами, содержащими пространственную и временную производные соответственно от напряженности и индукции скалярного магнитного поля. Данная теория использовалась при расчете и изготовлении описанных выше приемопередающих комплексов с шаровыми антеннами. Также в рамках этой теории проведен анализ упомянутой сферически-симметричной электродинамической задачи.

Литература

1. *Болотовский Б. М., Угаров В. А.* Об одном «парадоксе» электродинамики // *Успехи физических наук.* 1976. Т. 119, вып. 2. С. 371–374.
2. *Monstein C., Wesley J. P.* Observation of scalar longitudinal electrodynamic waves // *Euro physics Letters.* 2002. 59 (4). P. 514–520.
3. *Meyl K.* Scalar Waves: Theory and Experiments // *Journal of Scientific Exploration.* 2001. Vol. 15, № 2. P. 199–205.
4. *Sacco B., Tomilin A. K.* The Study of Electromagnetic Processes in the Experiments of Tesla. <http://viXra.org/abs/1210.0158>
5. *Томили́н А. К., Лукин А. Ф., Гульков А. Н.* Эксперимент по созданию канала радиосвязи в морской среде // *Письма в ЖТФ.* 2021. Т. 47, вып. 11. С. 48–50.
6. *Лукин А. Ф., Томили́н А. К., Гульков А. Н., Кремс К. А.* Оценка характеристик канала радиосвязи в морской среде // *Журнал технической физики.* 2022. Т. 92, вып. 9. С. 1425–1429.
7. *Томили́н А. К.* Принцип организации канала подводной радиосвязи с использованием шаровых антенн // *Журнал технической физики.* 2023. Т. 93, вып. 3. С. 397–402.
8. *Панчелюга В. А., Панчелюга М. С.* История и современность одного эксперимента Н. Тесла // *Метафизика.* 2024. № 1 (51). С. 123–132.
9. *Томили́н А. К.* Обобщенная электродинамика. Москва : Изд-во «Триумф», «Лучшие книги», 2020. 300 с.

ON THE POSSIBILITY OF HIGH-FREQUENCY LONGITUDINAL ELECTROMAGNETIC WAVES IN A FRESHWATER ENVIRONMENT

Victor A. Panchelyuga^{1*}, Mariya S. Panchelyuga¹, Aleksandr K. Tomilin^{2**}

¹*Institute of Theoretical and Experimental Biophysics
of the Russian Academy of Science*

3b Institutskaja St, Pushchino, Moscow region, 142290, Russian Federation

²*Department of Mechanical Engineering,
National Research Tomsk Polytechnic University
30 Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russian Federation*

Abstract. A brief review of experimental works is given, which lead to the idea of the existence of longitudinal-scalar waves. Experiments performed on the Mozhaisk reservoir are considered in detail, and demonstrating the possibility of propagation of electromagnetic waves between the transmitting and receiving modules at a distance of 150–200 m (1000 or more wavelengths) at a depth of 4 m (27 wavelengths). The obtained result and the design of the antenna system used allow us to assume that the communication between the transmitting and receiving modules was carried out using longitudinal-scalar waves. The possibility of signal propagation through the “water-air” and “air-water” interfaces shown.

Keywords: transverse electromagnetic waves, longitudinal electromagnetic waves, generalized Maxwell’s equations, scalar magnetic field

* E-mail: VictorPanchelyuga@gmail.com

** E-mail: aktomilin@tpu.ru