

11.1

Критический разбор работы „Эксперимент по созданию канала радиосвязи в морской среде“

© М.М. Симунин

Федеральный исследовательский центр „Красноярский научный центр СО РАН“, Красноярск, Россия
E-mail: michanel@mail.ru

Поступило в Редакцию 24 июня 2021 г.

В окончательной редакции 14 июля 2021 г.

Принято к публикации 14 июля 2021 г.

Проводится разбор статьи „Эксперимент по созданию канала радиосвязи в морской среде“ (авторы: А.К. Томилин, А.Ф. Лукин, А.Н. Гульков), опубликованной в журнале „Письма в ЖТФ“ (2021, т. 47, вып. 11), с позиции классической физики. Критикуются постановка эксперимента в указанной публикации, его интерпретация и теория, положенная в основу работы. Предложенный материал представляет собой методический комментарий и предназначен для формирования непротиворечивых подходов в исследовании и интерпретациях дальнейших работ по созданию каналов радиосвязи.

Ключевые слова: радиосвязь в морской среде, электромагнитные волны, методические замечания.

DOI: 10.21883/PJTF.2021.21.51619.18935

Для описания всех известных процессов распространения электромагнитных волн в свободном пространстве и их взаимодействия с материальными средами в подавляющем большинстве практических случаев достаточным теоретическим фундаментом является классическая макроскопическая электродинамика [1], базирующаяся на уравнениях Максвелла и простейших материальных уравнениях, в которых среда описывается такими параметрами, как диэлектрическая и магнитная проницаемость и проводимость. Распространение электромагнитных волн в свободном пространстве связано со взаимной генерацией напряженности электрических и магнитных полей, которая выражается двумя из четырех уравнений Максвелла. Изменяющаяся напряженность электрического поля генерирует такую напряженность магнитного поля, что последняя вновь готова сгенерировать изменяющуюся напряженность электрического поля, способную к генерации напряженности магнитного поля. В этом случае сами свойства векторов и правила векторной алгебры приводят нас к пониманию того, что направление движения волны, вектор напряженности магнитного поля и вектор напряженности электрического поля составляют тройку взаимоперпендикулярных векторов. Если сформулировать этот факт иначе, оказывается, что электромагнитная волна создает возбуждения электрической и магнитной напряженности поля поперек направления распространения, т.е. электромагнитная волна относится к строго поперечным волнам в рамках Стандартной модели.

Тем не менее некоторые авторы последовательно публикуют экспериментальные работы [2–10] (см. также обзор [11] и монографию [12]), которые трактуют полученные ими результаты как следствие возбуждения продольных электромагнитных волн. Само по себе явление продольных волн в электродинамике не является чем-то

необычным. Здесь в качестве примера можно привести канонический случай [13] ленгмюровских волн в плазме. Однако очевидно, что здесь речь идет не о продольных электромагнитных волнах, а об осцилляциях плотности заряда. В современной электромагнитной теории понятие продольных волн вводится специальными материальными уравнениями для сред с пространственной дисперсией [14,15], развивается также общая теория волн в электромагнитоупругих средах [16]. Следует также указать, что речь идет именно об упругих волнах, а не об электромагнитных. Пространственная дисперсия среды часто приводит к достаточно экзотическому на первый взгляд поведению электромагнитных волн, тем не менее все это хорошо согласуется с современной теорией [17].

Несмотря на все достижения современной теории электромагнетизма и радиоволн, альтернативные трактовка и подход к проводимым экспериментам настойчиво используются в упомянутых выше работах. И хотя сам по себе альтернативный взгляд является полезным физико-математическим упражнением, все же в научных работах он должен применяться только в том случае, когда возможности Стандартной модели исчерпаны и найденное в эксперименте противоречие не может быть разрешено в ее рамках. Критику работ [2–10] можно найти в таких публикациях, как [18,19], которые исчерпывающе объясняют как полученные результаты, так и ошибки опубликованных работ. Таким образом, с появлением новой работы [20], интерпретирующей экспериментальные результаты продольными электромагнитными волнами, возникает необходимость повторить критику этого альтернативного подхода к описанию экспериментов.

При постановке проблематики в работе указывается на недостатки современных гидроакустических средств

и на значительное затухание высокочастотных электромагнитных волн в морской воде. При этом отдельно отмечается, что использование сверхнизких частот ограничено необходимостью применения крупногабаритных антенн и недостаточной скоростью передачи данных.

Подход, используемый авторами работы [20], основан на теории, называемой „*обобщенной электродинамикой*“, в которой учитываются „*как вихревые, так и потенциальные электромагнитные процессы*“. При этом авторы утверждают, что „*... экспериментально обнаружена потенциальная компонента магнитного поля, которую описывает скалярная функция индукции*“. Авторы утверждают, что поперечные электромагнитные волны возникают „*в результате вихревых процессов*“, а „*потенциальные процессы*“ генерируют продольные электромагнитные волны.

На базе своей теории авторы собрали комплекс приемопередающей аппаратуры. Поскольку передающая и „*приемная станция имеет аналогичную конструкцию*“, можно заключить, что авторы взяли две радиостанции „Штурман-882М“ и к обеим (на прием и на передачу) подключили антенну в виде соленоида со сферическим терминалом на одном конце и заземлением на другом. Передатчик, приемник и антенны изолировали от морской воды. Передающая станция в рамках эксперимента была полностью погружена в морскую среду на глубину 4 м. Через некоторое время после установки передатчика под водой на приемной станции принимали сигнал с передатчика над водой и затем помещали приемник в морскую среду на глубину 6 м „*на заякоренном буйе*“ — примерно посередине между дном и уровнем моря. Сигнал на приемной станции записывался на цифровой диктофон, который также был размещен в герметичном боксе. Затем буй буксировался в сторону от передающей станции в течение 34 min, при этом уровень модулирующего сигнала на приемнике поддерживался вблизи -87 dB.

В результате эксперимента были получены данные, которые авторы свели в график зависимости убыви мощности модулирующего сигнала и фоновых шумов от времени проведения эксперимента.

В целом постановка задачи в работе из общих соображений выполнена верно, последовательно перечисляются современные методы и проблемы подводной связи. Следует, однако, отметить, что использование сверхнизких и экстремально низких частот для осуществления подводной связи не требует высокогабаритных конструкций, так как волны такого масштаба фиксируются не антеннами, а магнитометрическими методами [21].

Поскольку в работе применяется теоретическая модель [22], мы вынуждены также подвергнуть ее разбору. Теория носит эвристический характер. В ней постулируется скалярная функция напряженности магнитного поля как

$$H^* = \frac{1}{\mu_0} \operatorname{div} \mathbf{A}. \quad (1)$$

Это уравнение следует интерпретировать следующим образом: все точечные источники векторного потенциала поля формируют „*скалярную напряженность магнитного поля*“. Для читателя, не знакомого с векторным анализом, укажем, что одно из свойств оператора дивергенции заключается в том, что при действии на замкнутую векторную функцию результат получается нулевым. По сути, автор работы [22] постулирует, что в природе существуют некие источники векторного потенциала поля, раз H^* не равна нулю. Опыт не обнаруживает такого свойства (да и не может обнаружить с учетом природы векторного потенциала).

Далее следует отметить, что авторы рассматриваемой работы весьма вольно трактуют инженерный жаргон, называя антенну в виде заземленного соленоида со сферическим терминалом на другом конце „*катушкой Тесла*“. На самом деле катушкой Тесла называют резонансный трансформатор [23], т.е. если бы подключение сигнала с передатчика на катушку осуществлялось через трансформаторную связь, возможно, к такому устройству был бы применим подобный жаргон, однако, согласно приведенной в рассматриваемой работе схеме подключения, сигнал с передатчика подается на антенну по проводу.

Переходя непосредственно к описанию эксперимента, мы должны обратиться к работе [24]. В главе 5 указанной работы рассматривается диполь вблизи плоской поверхности земли, а в параграфе 30 — задача о передаче радиоволн от источника в глубине почвы к приемнику на поверхности земли или приемнику, находящемуся также в глубине почвы. Понимая, что почва представляет собой сплошную среду с высокой диэлектрической проницаемостью и большим коэффициентом рассеяния, эту модель можно применить для обсуждаемого опыта по созданию канала связи в морской среде. Автор работы показывает, что если длина волны радиоизлучения сравнима с глубиной погружения излучающего диполя, то оказывается, что электромагнитное излучение идет сначала с глубины на поверхность — в более проницаемую среду, передается по ней и улавливается приемником внутри грунта. Это, очевидно, согласуется с принципом наименьшего действия. Легко видеть, что глубины, равные 4 и 6 м, близки по величине длине волны излучения в 10 м (27.4 MHz) в воздухе и ~ 1 м в морской воде.

Наконец, следует отметить, что затухание сигнала авторы эксперимента измеряли по уровню звука сигнала, записанного на цифровой (!) диктофон, т.е. измерялась не интенсивность электромагнитного излучения, а именно уровень сигнала на диктофоне. Таким образом, неясно, с чем сравнивали экспериментаторы мощность записанного сигнала: с мощностью передаваемого звука или с мощностью излучения передатчика (это очевидно разные мощности). Потому приведенные в работе данные нельзя интерпретировать как затухание электромагнитных волн в морской среде.

В настоящей работе показано, что, с одной стороны, экспериментальные результаты [20] получают непротиворечивую трактовку с позиций классической электродинамики, а с другой — привлеченная теория является эвристической и не соответствующей известным опытным данным и не включает в себя уже доказанные закономерности.

На взгляд автора этого разбора, в рассматриваемой работе экспериментаторы оказались в плену чисто позитивистского подхода, в котором опыт является единственно истинным знанием о процессе. Другими словами, экспериментаторы взяли устройство, похожее на запатентованное [25], и увидели, что оно „реально работает“, из чего сделали вывод, что оно генерирует продольные электромагнитные волны, или, как они аккуратно написали, „... можно предположить, что радиосигнал передается в морской воде при помощи продольных (электроскалярных) волн“. Однако природа такова, что устройство будет работать по физическим законам независимо от того, какую идею в него вложили. С другой стороны, авторы не учли диалектику самой постановки эксперимента, т.е. они действительно сделали все, чтобы обезопасить приборы от морской воды и надежно поместить устройства связи именно в морскую воду, но совершенно не обратили внимание на то, что длина излучаемой волны сравнима по масштабу с глубиной экспериментальной среды. В результате этого и последовал неверный вывод о распространении волны в строго водном пространстве.

Конфликт интересов

Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

Список литературы

- [1] Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, *Теоретическая физика*, 7-е изд., испр. (Наука, М., 1988), т. 2.
- [2] Е.Т. Протасевич, *Радиотехника и электроника*, **43** (1), 5 (1998).
- [3] В.Н. Колесников, Ю.С. Самгин, Т.П. Колесникова, П.В. Колесников, Р.В. Колесников, *Способы передачи и приема электромагнитных волн через среду и устройства для их осуществления*, патент РФ на изобретение № 2143178 по заявке № 98109181 (приоритет от 18.05.98, выдан 20.12.99).
- [4] R.I. Tzontchev, A.E. Chubukalo, J.M. Rivera-Juárez, LANL arXiv: Physics/0010036 (14 Oct 2000).
- [5] Е.Т. Протасевич, в сб: *Тр. 8-й Междунар. конф. „Радиолокация, навигация, связь“ (RLNC-2002)* (Воронеж, 2002), т. 2, с. 1443.
- [6] C. Monstein, J.P. Wesley, *Europhys. Lett.*, **59** (4), 514 (2002). DOI: 10.1209/epl/i2002-00136-9
- [7] Ю.М. Ермолаев, *Электродинамика и техника СВЧ, КВЧ и оптических частот*, **12** (3-4), 33 (2004).
- [8] K. Meyl, *Scalar wave technology* (Villingen-Schwenningen, 2003).
- [9] V. Sacco, A.K. Tomilin, viXra.org > Classical Physics > viXra:1210.0158
- [10] В.А. Ацкоковский, *Эфиродинамические основы электромагнетизма* (Энергоатомиздат, М., 2011).
- [11] В.А. Пермяков, *Электродинамика и техника СВЧ, КВЧ и оптических частот*, **15**, (1), 30 (2007).
- [12] И.М. Агеев, Г.Г. Шишкин, *Продольные волны* (МАИ, М., 2014).
- [13] L. Tonks, I. Langmuir, *Phys. Rev.*, **33** (2), 195 (1929). DOI: 10.1103/PhysRev.33.195
- [14] В.Л. Гинзбург, *Распространение электромагнитных волн в плазме* (Наука, М., 1969).
- [15] В.М. Агранович, В.Л. Гинзбург, *Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов* (Наука, М., 1965).
- [16] Д.И. Бардзокас, Б.А. Кудрявцев, Н.А. Сеник, *Распространение волн в электромагнитоупругих средах* (УРСС, М., 2003).
- [17] М.А. Ремнев, В.В. Климов, *УФН*, **188** (2), 169 (2018). DOI: 10.3367/UFN.2017.08.038192
- [18] J.R. Bray, M.C. Britton, *Europhys. Lett.*, **66** (1), 153 (2004). DOI: 10.1209/epl/i2003-10144-9
- [19] А.Н. Абрамов, В.А. Пермяков, С.В. Пермяков, *Журнал радиоэлектроники*, № 10 (2015).
- [20] А.К. Томилин, А.Ф. Лукин, А.Н. Гульков, *Письма в ЖТФ*, **47** (11), 48 (2021). DOI: 10.21883/PJTf.2021.11.51009.18710
- [21] K. Schlegel, M. Weltweite, *Füllekrug Physik in unserer Zeit*, **33** (6), 256 (2002).
- [22] А.К. Томилин, *Обобщенная электродинамика* (Триумф, М., 2020). DOI: 10.32986/978-5-93673-270-6-2020-04
- [23] N. Tesla, *Apparatus for producing electric currents of high frequency and potential*, US patent 586176 (1896).
- [24] Е.Л. Фейнберг, *Распространение радиоволн вдоль земной поверхности*, 2-е изд. (Наука, М., 1999).
- [25] L.M. Hively, *Systems, apparatuses, and methods for generating and/or utilizing scalar-longitudinal waves*, patent US 9306527B1 (2016).