

Раздел I. Гидролокация, антенны и обработка сигналов

УДК 534.222:534:535:534.29:551.594.25

А.П. Волощенко, П.С. Голосов, Д.В. Орда-Жигулина, И.Б. Старченко

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКИХ СРЕД В МЕДИЦИНЕ И ГИДРОАКУСТИКЕ

*Интерес к исследованиям диапазона вблизи границ раздела сред связан с тем, что в соответствии с существующей математической моделью на низких частотах прозрачность границы раздела вода-воздух заметно возрастает вследствие влияния неоднородных волн. Аномальная прозрачность этой границы в диапазоне звуковых, низких и инфразвуковых частот может иметь большое значение в целом ряде геофизических, биологических и прикладных проблем. В статье освещены вопросы распространения акустических волн низкочастотного диапазона вблизи границ раздела сред, кратко рассматриваются результаты экспериментальных и теоретических исследований прохождения низкочастотных акустических волн через границу раздела вода-воздух. Также в статье описывается методика проведения и результаты экспериментов по осаждению субмикронных частиц. С развитием и внедрением нанобиотехнологий в медицинскую практику открываются новые возможности в исследованиях крови как *in vivo*, так и *in vitro*. В связи с этим необходимо развивать методы медицинской диагностики с использованием наноразмерных контрастных агентов, углеродных нанотрубок и других наночастиц для повышения точности исследований.*

Граница раздела вода-воздух; сферическая волна; акустический импеданс; лазер; наночастицы.

A.P. Voloshchenko, P.S. Golosov, D.V. Orda-Zhigulina, I.B. Starchenko

THE FEATURES AND METHODS OF RESEARCH AND PARAMETERS OF LIQUIDS MEDIUMS IN MEDICINE AND HYDROACOUSTICS

*The article tells about interest in the study range near the boundaries of the media due which accordanced with the existing mathematical model of the low-frequency clarity of the interface water-air increases considerably due to the influence of evanescent waves. Anomalous transparency of this boundary in the range of sound, infrasound and low frequency may be important in a wide range of geophysical, biological and applied problems. In this paper tells about problems in the propagation of acoustic waves near the boundaries of the low-frequency range of media, briefly reviews the results of experimental and theoretical studies of low-frequency acoustic waves passing through the interface between the water-to-air. The article also describes the methodology and results of experiments on the deposition of sub-micron particles. Development and implementation of nanobiotechnology in medical practice open up new possibilities in the study of blood as *in vivo*, and *in vitro*. Because of this we need improve the methods of medical diagnosis using nanoscale contrast agents of carbon nanotubes and nanoparticles other studies to improve the accuracy necessary.*

Boundary water-air interface; a spherical wave; acoustic impedance; laser; the nanoparticles.

Волновые процессы, как вблизи границы раздела жидкость-газ, так и на ней самой, продолжают оставаться актуальными и представляют большой фундаментальный и прикладной интерес. Теоретические и экспериментальные исследования прохождения звука через данную границу раздела сосредотачивались на изучении акустического поля в воде, которое образуется в воздухе с помощью воздушных

источников. Изучению обратных процессов, т.е. формированию акустического поля в воздухе благодаря мощным подводным источникам, уделялось гораздо меньше внимания. Это связано с тем, что согласно устоявшемуся мнению [1], коэффициент прохождения звука через границу раздела вода-воздух незначителен и не зависит ни от частоты излучения источника, ни от глубины его расположения относительно границы раздела, ни от геометрических параметров самого излучателя, а определяется только соотношением акустических импедансов соприкасающихся сред. Для упрощения описания процессов, происходящих на границах раздела, вместо волновой теории применяют лучевую теорию. Отражение и прохождение плоских волн в случае точечного источника звука подробно рассмотрено в работах [1, 2].

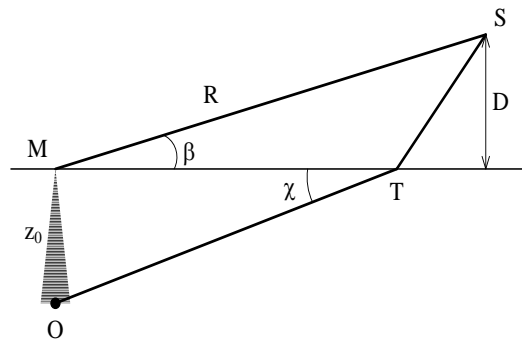


Рис. 1. Два пути, которыми излученная волна проходит от излучателя O в приемник S

Однако в исследованиях [3, 4] теоретически доказано, что использование лучевой теории для сферических и цилиндрических волн имеет ряд ограничений, связанных с местом расположения источника (приемника) относительно границы раздела. Процесс прохождения акустической волны через границу раздела вода-воздух с учетом влияния неоднородной волны показан на рис. 1. Путь OTS соответствует обычному лучу, построенному по законам геометрической оптики; путь OMS чужд геометрической акустике. Системой OM горизонтальных черточек отображается неоднородная волна.

Относительно недавно вопрос влияния неоднородных волн на прохождение низкочастотных акустических волн через границу раздела вода-воздух получил дальнейшее развитие в ряде статей [5, 6]. Экспериментальные результаты качественно совпадают с теоретическими [3–6]. Влияние неоднородных волн приводит к увеличению прозрачности границы раздела вода-воздух на низких частотах при расположении точечного источника на расстояниях меньших длины волны от границы.

Исследование зависимости коэффициента прохождения границы раздела вода-воздух в низкочастотном диапазоне может иметь важные следствия в целом ряде фундаментальных и прикладных проблем. Возрастание прозрачности границы раздела требует переоценки возможности акустической коммуникации из воды в воздух, обнаружения подводных источников без погружения в воду и акустического мониторинга физических процессов, происходящих под водой.

Исследования взаимодействия субмикронных частиц табачного дыма в мощном звуковом поле, проводимые авторами [9] ранее на лабораторной установке, выявили ряд существенных недоработок методики экспериментов:

1. Малая доступность ситалловых подложек приводила к замедлению исследований.

2. Время выдержки подложек должно было быть оптимизировано так, чтобы количество осаждённых на них частиц поддавалось подсчёту.
3. Для проверки гипотезы о экспоненциальном убывании потока с расстоянием требовалось добавить одну новую контрольную точку.

Ситалловые подложки практически идеально удовлетворяют условиям эксперимента [10] как по адгезионной способности, так и по неравномерности поверхности; однако их высокая стоимость и труднодоступность влекли за собой замедление экспериментального процесса. В качестве замены ситаллов возможно использовать предметные стёкла для микроскопов. Как видно из рис. 2–5, средняя неравномерность поверхности стёкол для электронного микроскопа позволит различать на них осаждённые частицы.

Выбор времени выдержки важен для расчётов, оно должно быть подобрано так, чтобы удовлетворять, с одной стороны, требованиям к количеству, минимально необходимому для выведения статистических закономерностей, с другой стороны, не должно быть слишком большим, чтобы не затруднять подсчёт.

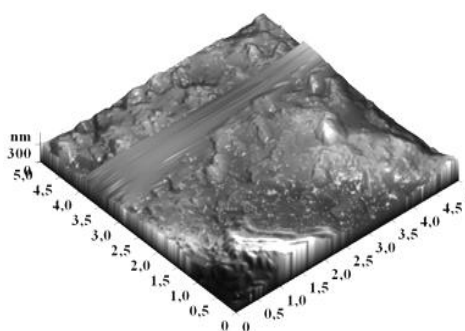


Рис. 2. Поверхность предметного стекла для стандартного оптического микроскопа

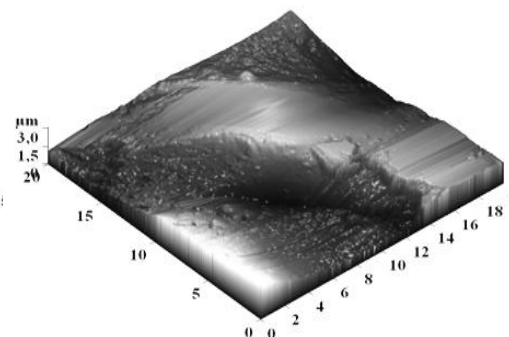


Рис. 3. Поверхность предметного стекла для электронного микроскопа

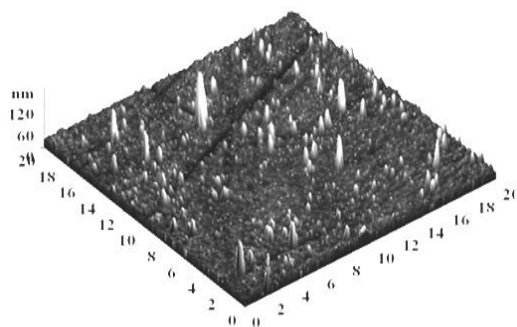


Рис. 4. Осаждённые на подложку частицы при времени озвучивания около 1 с

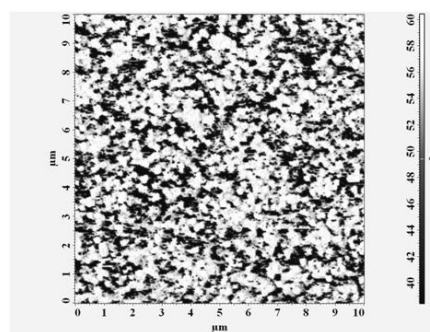


Рис. 5. Двумерное изображение осаждённых на подложку частиц при времени озвучивания более 6 с

Добавление четвёртой контрольной точки отбора проб положительно сказалось на точности эксперимента: в то время как в 3 точки на графике возможно вписать экспоненту, при 4-х контрольных точках это сделать возможно лишь если поток частиц действительно убывает экспоненциально. Из рис. 6 видно, что в рассматриваемом эксперименте поток действительно убывает по этому закону.

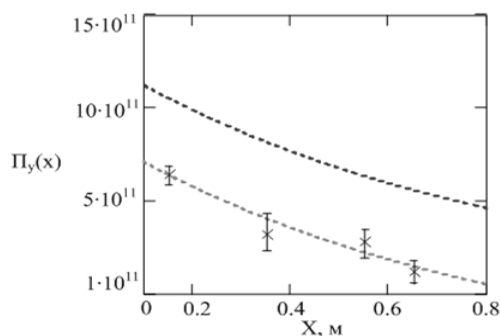


Рис. 6. Изменение осаждемого диффузионного потока через акустический пограничный слой частиц дыма сигарет «Malboro» от расстояния x (крестики и проведённая зелёная пунктирная линия с указанным доверительным интервалом – эксперимент, красная пунктирная линия – теория)

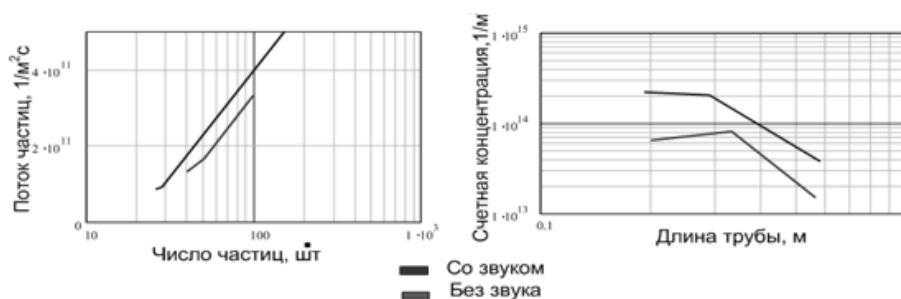


Рис. 7. Поток частиц дыма сигарет «Парламент» на единицу площади за единицу времени при воздействии звуком (красная кривая) и без него (синяя кривая) и зависимость счётной концентрации от расстояния от источника дыма

В ходе экспериментов был рассчитан поток для нового для нас типа аэрозоля – дыма сигарет «Парламент», рис. 7. Результаты вычисления потока хорошо согласуются с предыдущими экспериментами. Как видно из рис. 7, счётная концентрация и поток частиц значительно убывают при озвучивании.

В работах [11] для решения диагностических задач исследований боижидкостей предлагается использовать метод проточной цитометрии *in vivo*, который основывается на принципах фототепловой и фотоакустической спектроскопии с использованием наноразмерных контрастных агентов. Углеродные нанотрубки сильно поглощают лазерное излучение и, вследствие оптоакустического эффекта, звук обнаруживается ультразвуковым преобразователем. Так как углеродные нанотрубки имеют сильную адгезию к бактериальным клеткам, а не к собственным клеткам живого организма, то наличие сигнала на приемном ультразвуковом преобразователе говорит о присутствии бактерий в кровотоке.

Суть лазерной диагностики потоков состоит в том, что исследуемый поток зондируется лазерным пучком, а затем измеряются параметры либо прошедшего, либо рассеянного излучения [12]. Так как лазерный пучок характеризуется совокупностью параметров: мощностью, поляризацией, длиной волны, частотой, фазой и направлением распространения, то по изменению этих параметров можно судить о процессах, происходящих в исследуемом потоке. Благодаря большой мощности лазерного излучения можно регистрировать малые размеры частиц, малую дли-

тельность излучения быстропротекающих процессов. Высокая монохроматичность лазерного излучения позволяет создавать методы, где информативным параметром является частота. На рис. 8 показана схема диагностики потоков при помощи лазерного излучения. Излучение от лазера 1 проходит через оптическую систему формирования пучка 2 и направляется в исследуемый поток 3, заключенный в прозрачном канале. Прошедший через исследуемую среду лазерный пучок направляется в измерительный блок 4, где регистрируются его параметры. По изменению параметров прошедшего излучения по сравнению с параметрами зондирующего излучения определяются параметры исследуемого потока. В другом варианте анализируются параметры рассеянного излучения при помощи измерительного блока 5 и сравниваются с параметрами зондирующего излучения. Это может быть, например, ультразвуковое излучение, генерирующееся за счет тепловых эффектов. Методы диагностики первого типа являются интегральными, так как изменение параметров прошедшего излучения обусловлено характеристиками потока на всем пути распространения лазерного пучка. Методы второй группы позволяют определять параметры потока в малой области пространства, заданной поперечными размерами лазерного пучка и глубиной резкости оптической системы, регистрирующей рассеянное излучение.

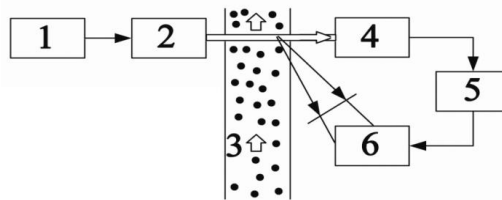


Рис. 8. Схема лазерной диагностики микропотоков [11]: 1 – лазер; 2 – оптическая система; 3 – исследуемый микропоток; 4 – схема обработки прямого сигнала; 5 – схема обработки рассеянного сигнала; 6 – ПК

На рис. 9 представлена структурная схема экспериментальной установки.

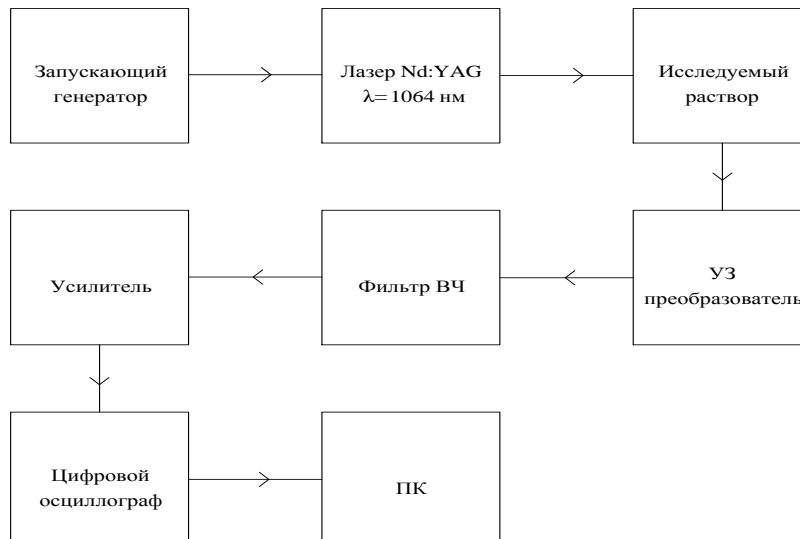


Рис. 9. Структурная схема экспериментальной установки для *in vitro* исследований суспензий УНТ в пробирке

Сгенерированный лазером ОА сигнал детектировался ультразвуковым преобразователем, который прикреплялся к стенке кюветы. Кювета наполнялась раствором, содержащим УНТ в различных концентрациях. Расстояние от лазерного пятна до ультразвукового приемника составляло 0,5–1 см. Сигнал от ультразвукового датчика усиливался и регистрировался цифровым осциллографом. Полученные данные сохранялись в файл на ПК и обрабатывались отдельно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Исакович М.А.* Общая акустика. – М.: Наука, 1973. – 496 с.
2. *Лепендин Л.Ф.* Акустика. – М.: Высшая школа, 1978. – 448 с.
3. *Бреховских Л.М.* Отражение и преломление сферических волн // УФН. – 1949. – Т. 38, № 1. – С. 1-41.
4. *Бреховских Л.М., Годин А.О.* Акустика слоистых сред. – М.: Наука, 1989. – 416 с.
5. *Годин О.А.* Прохождение низкочастотного звука из воды в воздух // Акустический журнал. – 2007. – Т. 53, № 3. – С. 353-361.
6. *Godin O.A.* Sound transmission through water-air interfaces: new insights into an old problem // Contemporary Physics. – 2008. – Vol. 49, № 2. – P. 105-123.
7. *Волощенко А.П., Тарасов С.П.* Эффект аномальной прозрачности границы раздела жидкость-газ для звуковых волн // Акустический журнал. – 2013. – Т. 59, № 2. – С. 186-192.
8. *Волощенко А.П., Тарасов С.П.* Влияние неоднородных волн на прохождение низкочастотного звука через границу раздела вода-воздух // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 9 (134). – С. 201-206.
9. *Голосов П.С.* Диффузионное осаждение наночастиц в звуковом поле // Тезисы трудов конференции «Информационные и управленческие технологии в медицине и экологии». – Пенза, 2012. – С. 100-104.
10. *Тимошенко М.А., Чернов Н.Н., Голосов П.С.* Экспериментальные результаты исследования и сравнение с теорией диффузионного потока нано- и субмикронных частиц через акустический и гидродинамический пограничные слои // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 9 (122). – С. 174-180.
11. *Джуплина Г.Ю., Старченко И.Б., Орда-Жигулина Д.В.* Применение наноразмерных агентов в цитометрии // Сб. науч. трудов SWorld по материалам Международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2011». Т. 27. Медицина, ветеринария и фармацевтика. – Одесса: Черноморье, 2011. – С. 66-68.
12. *Ринкевичюс Б.С.* Лазерная диагностика потоков. – М.: Изд-во МЭИ, 1990. – 287 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор С.П. Тарасов.

Волощенко Александр Петрович – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: vigcorp@mail.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371795; кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; аспирант.

Голосов Пётр Сергеевич – e-mail: golemstone@mail.ru; тел.: 89518256497; кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; аспирант.

Орда-Жигулина Дина Владимировна – e-mail: dinazhigulina@mail.ru; тел.: 89081762662; кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; аспирантка.

Старченко Ирина Борисовна – e-mail: star@sfedu.ru; тел.: 88634371795; кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; д.т.н.; профессор.

Voloshchenko Alexander Petrovich – State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: vigcorp@mail.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371795; the department of hydroacoustic and medical engineering; postgraduate student.

Goloso Peter Sergeevich – e-mail: golemstone@mail.ru; phone: +79518256497; the department of hydroacoustic and medical engineering; postgraduate student.

Orda-Zhigulina Dina Vladimirovna – e-mail: dinazhigulina@mail.ru; phone: +79081762662; the department of hydroacoustic and medical engineering; postgraduate student.

Starchenko Irina Borisovna – e-mail: star@sfnu.ru; phone: +78634371795; the department of hydroacoustic and medical engineering, dr. of eng. sc.; professor.

УДК 004.4'22

Ю.И. Рогозов, А.А. Дегтярев

**МЕТОД КОНФИГУРИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ
ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ***

Рассматривается проблема конфигурирования функциональности программных средств информационных систем. Исследуются достоинства и недостатки каркасного подхода, при котором основной акцент смещается с разработки уникальных систем на разработку семейства систем. Каркас – это по своей сути некоторая система, конфигурируя которую можно получать различные в ограниченном классе системы со статическими свойствами, т.е. осуществляющая некоторый процесс. В статье предлагается метод, предназначенный для конфигурирования системы под заданные требования, посредством использования механизма реализации действия, в котором элементы определенного класса являются динамическими, т.е. могут быть заменены или в случае необходимости сконфигурированы механизмом более низкого уровня. Для раскрытия механизма реализации действия вводятся специальные типы характеристик действия: методика, элементы, функции, инструменты, результаты. Также предлагается формальное представление механизма. Метод излагается в виде последовательности шагов. Приводятся сведения о реализации инструментария, поддерживающего метод, и о результатах его использования.

Конфигурирование; программные средства; гидроакустика.

Y.I. Rogozov, A.A. Degtyarev

**METHOD CONFIGURATING FUNCTIONAL OF SOFTWARE
FOR UNDERWATER ACOUSTICS INFORMATION SYSTEMS**

In this article is considering the problem of configuring functionality of information system software. In this case studying the advantages and disadvantages of the framework approach, in this main attention is shift from single system development to family systems development. Framework – this is something system, which can be obtained by configuring the different systems in a limited class of static properties, i.e. carrying out some process. A method intended for system configuration under given requirements, by using the mechanism of the action in which the elements of a particular class are dynamic, i.e. may be replaced, or if necessary configured by mechanism lower level. For decomposition low-level mechanism of action introduced new concept, such as technique, elements, function, tools, and results. Just invited to a formal representation mechanism. The method gives such as sequential of steps. It provides information on the implementation of tools that supporting the method, and the results of its use.

Configuring; software; underwater acoustics.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-07-00971 а.