



ВТОРАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ  
МОЛОДЕЖНАЯ ШКОЛА-СЕМИНАР

# ЭКОЛОГИЯ, ПРОБЛЕМЫ ПРИМОРСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

**Сборник трудов**



Таганрог, Россия  
27–30 сентября  
2017

Министерство образования и науки РФ  
Российский фонд фундаментальных исследований  
Международная академия наук экологии,  
безопасности человека и природы  
Северо-Кавказское региональное отделение МАНЭБ  
Южный федеральный университет  
Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения  
Администрация города Таганрога

# **«ЭКОЛОГИЯ, ПРОБЛЕМЫ ПРИМОРСКИХ ТЕРРИТОРИЙ»**

Сборник трудов  
Второй Всероссийской молодежной  
школы-семинара  
(Таганрог, Россия, 27–30 сентября 2017 г.)

*Посвящается году экологии в России*

Ростов-на-Дону – Таганрог  
2017

УДК [502/504:681.883.4+616-073](063)

ББК 20.1я43

Э40

*Школа-семинар проводится при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований  
в рамках научного проекта № 17-32-10296*

Составитель В. Ю. Вишневецкий

Э40 **Экология, проблемы приморских территорий** : сборник трудов Второй Всероссийской молодежной школы-семинара (Таганрог, Россия, 27–30 сентября 2017 г.) / Южный федеральный университет ; [сост. В. Ю. Вишневецкий]. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. – 202 с.

ISBN 978-5-9275-2657-4

Школа-семинар посвящена Году экологии в России.

В сборнике трудов Второй Всероссийской молодежной школы-семинара «Экология, проблемы приморских территорий», проходившей в Южном федеральном университете в г. Таганроге в период с 27 по 30 сентября 2017 года, представлены доклады ведущих российских ученых, а также работы молодых ученых, аспирантов и студентов. Тематика работ соответствует основным направлениям работы школы-семинара.

Материалы публикуются в авторской редакции.

УДК [502/504:681.883.4+616-073](063)

ББК 20.1я43

ISBN 978-5-9275-2657-4

© Южный федеральный университет, 2017

© Вишневецкий В. Ю., составление, 2017

### **Оргкомитет школы-семинара**

ШЕВЧЕНКО Инна Константиновна – д.э.н., профессор, проректор ЮФУ,  
г. Ростов-на-Дону – сопредседатель

ТАРАСОВ Сергей Павлович – д.т.н., профессор, зав. кафедрой ЭГА и МТ,  
председатель Сев.-Кав. отделения МАНЭБ (председатель  
организационного комитета)

ФЕДОТОВ Александр Александрович – к.т.н., доцент, директор ИНЭП  
ЮФУ – сопредседатель

ВИШНЕВЕЦКИЙ Вячеслав Юрьевич – к.т.н., доцент (ученый секретарь)

ВОРОНИН Василий Алексеевич – д.т.н., профессор ЮФУ

БЕЛЯКОВА Ирина Анатольевна – заместитель начальника управления  
образования г. Таганрога

ПАНИЧ Анатолий Евгеньевич – д.т.н., профессор, директор ИВТиП ЮФУ

ПЕТРОВ Виктор Владимирович – д.т.н., профессор ЮФУ

СТАРЧЕНКО Ирина Борисовна – д.т.н., профессор

ЧЕРНОВ Николай Николаевич – д.т.н., профессор ЮФУ

ПЛУГОТАРЕНКО Нина Константиновна – к.т.н., доцент, зав. кафедрой  
ТБХ ИНЭП ЮФУ

ПИВНЕВ Петр Петрович – к.т.н., доцент ЮФУ

### **Программный комитет школы-семинара**

ТИМОШЕНКО Владимир Иванович – д.т.н., профессор, президент  
Южного отд. РАО, г. Таганрог

РОГАЛЕВ Виктор Антонович – д.т.н., профессор, президент МАНЭБ,  
г. Санкт-Петербург

ТАРАСОВ Сергей Павлович – д.т.н., профессор, зав. кафедрой ЭГА и МТ,  
председатель Сев.-Кав. отделения МАНЭБ, г. Таганрог (председатель  
программного комитета)

МАТИШОВ Геннадий Григорьевич – академик РАН, председатель ЮНЦ  
РАН, г. Ростов-на-Дону

ЛУШАНКИН Вячеслав Иванович – профессор, главный уч. секретарь  
МАНЭБ, г. Санкт-Петербург

КОРОЧЕНЦЕВ Владимир Иванович – академик МАНЭБ, профессор, зав.  
кафедрой «Приборостроение» ДВФУ, г. Владивосток

ЗАГРАЙ Николай Петрович – д.т.н., профессор ЮФУ, г. Таганрог

ЛИТВИН Виталий Витальевич – академик МАНЭБ, академик АМТН РФ,  
Президент Краснодарского краевого Центра ЮНЕСКО, г. Краснодар

# СОДЕРЖАНИЕ

## **Секция 1: Методы и средства экологического мониторинга водных районов**

### **МОДЕЛЬ РАДИОУПРАВЛЯЕМОГО КАТЕРА С ГБО И ПРОФИЛОГРАФОМ ДЛЯ 3D-КАРТИРОВАНИЯ ДНА И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ ВОДОЕМОВ**

ЭЛБАКИДЗЕ А.В., КАЕВИЦЕР В.И., СМОЛЬЯНИНОВ И.В., ДЕНИСОВ Е.Ю. ... 8

### **КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ АКВАТОРИИ**

Пивнев П.П. .... 13

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОКАТОРА БОКОВОГО ОБЗОРА ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ИНЖЕНЕРНЫХ СОРУЖЕНИЙ**

Кожухова М.Е., Корнюкова Ж.Ю., Лукьянченко А.А. .... 20

### **ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПОДВОДНОЙ АРХЕОЛОГИИ**

Бондарева Е.Ю., Корнюкова Ж.Ю., Лукьянченко А.А. .... 25

### **ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОЛОКАТОРА БОКОВОГО ОБЗОРА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АКВАТОРИЙ ПЛЯЖЕЙ**

Корнюкова Ж.Ю., Кожухова М.Е., Мельниченко В.А. .... 30

### **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ БУКСИРУЕМЫХ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Лукьянченко А.А., Корнюкова Ж.Ю., Кожухова М.Е., Бондарева Е.Ю., Чоп Д.А. .... 37

### **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ГИДРОЛОКАТОРА ТРАВЕРЗНОГО ОБЗОРА С ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И ОЦЕНКИ РЫБНЫХ ЗАПАСОВ НА МЕЛКОВОДЬЕ**

Пивнев П.П., Лукьянченко А.А. .... 50

### **СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В МЕЛКОМ МОРЕ**

Анищенко А.Е. .... 55

## **Секция 2: Окружающая среда и здоровье людей**

### **ВИЗИОГРАФ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ В СТОМАТОЛОГИИ**

БЕЛЫХ Н.И., СНЕСАРЕВ С.С. .... 60

### **К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА**

ПУШКАРНАЯ А.С., ВИШНЕВЕЦКИЙ В.Ю. .... 66

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ БАССЕЙНОВ АКУСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ДАТЧИКОВ**

АКИМЕНКО О.Б., ЧЕРНОВ Н.Н. .... 74

### **БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИМПЕДАНСНОЙ АУДИОМЕТРИИ С БЛОКОМ АНАЛИЗА ТИМПАНОГРАММ**

КУМОВА Д.М., КИРИЧЕНКО И.И. .... 78

### **СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ – ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

КРЫЛОВ Д.И., СНЕСАРЕВ С.С. .... 83

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ФОНОКАРДИОГРАФИИ**

ФОМИНА И.А., ВИШНЕВЕЦКИЙ В.Ю. .... 92

### **ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОД КОЖА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

КРАСНОВА Т.А., ВИШНЕВЕЦКИЙ В.Ю. .... 97

### **РАЗРАБОТКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УЗ ПРИБОРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕРДЦА**

НЕРУК В.Ю., ВИШНЕВЕЦКИЙ В.Ю. .... 103

**Секция 3: Нанотехнологии в экологии, новые экологически чистые технологии и источники энергии**

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ МЕДИ (II) В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Гаджиева В.А., Мирошниченко Ю.С., Мясоедова Т.Н. .... 109

**МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЭКЗОГЕННО ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СЕВЕРНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА АЗОВСКОГО МОРЯ**

Воротов А.В., Пушнина А.А., Короткова О.И. .... 115

**Секция 4: Экологический мониторинг биосферы, системы и методы предупреждения и защиты при чрезвычайных ситуациях**

**К ВОПРОСУ ВЫБОРА МЕТОДА АНАЛИЗА ВЫДЫХАЕМЫХ ГАЗОВ**

Соловьев В.А., Вишневецкий В.Ю. .... 129

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ И УЧЕТА СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД В БЕЗНАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ**

Кравчук Д.А., Николаев В.Д. .... 136

**ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ АНТЕНН ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ**

Воронин В.А., Казакова Е.А., Шесарев С.С. .... 141

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОД ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА И ЕГО ВЛИЯНИЯ НА КОМФОРТНОСТЬ ПРОЖИВАНИЯ**

Шавшина А.В., Вишневецкий В.Ю. .... 150

**К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ**

Салимова Н.А., Вишневецкий В.Ю. .... 155

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ  
КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА ЗА СОСТОЯНИЕМ  
ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ**

Номерчук А.Я., Косенко Е.Ю..... 160

**РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНО-СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ  
РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРОВ**

Воробьев Е.В., Номерчук А.Я., Лисовой Г.Г..... 171

**Секция 5: Математическое моделирование экосистем**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЗЫ  
КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ ОТ ОТРАЖАЮЩИХ  
ГОРИЗОНТОВ МОРСКИХ ОСАДКОВ**

Солдатов Г.В., Петров А.И..... 182

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД ПО  
ПАРАМЕТРАМ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ**

Жардецкая А.С., Вареникова А.Ю. .... 188

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО  
ПОЛЯ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ПОДЗАРЯДКИ**

Юрьева А.А. .... 195

**Секция 1: Методы и средства экологического мониторинга водных районов**

УДК 534.1

**МОДЕЛЬ РАДИОУПРАВЛЯЕМОГО КАТЕРА С ГБО И ПРОФИЛОГРАФОМ ДЛЯ 3D-КАРТИРОВАНИЯ ДНА И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ ВОДОЕМОВ**

*Элбакидзе А.В., Каевичер В.И., Смольянинов И.В., Денисов Е.Ю.*

ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, Фрязино, Россия

e-mail: elbakidze@mail.ru

Приведено описание экспериментального автономного многофункционального комплекса, установленного на радиоуправляемую модель катера, состоящего из гидролокатора бокового обзора (ГБО) и профилографа с ЛЧМ зондирующим сигналом, приемника GPS, датчика курса и качки и Wi-Fi точки доступа. Приведены экспериментальные результаты работы комплекса по обследованию дна небольшого пруда подтверждающие перспективность его использования для различных задач.

Многофункциональный комплекс, модель катера, параметрическая антенна, ГБО.

**MODEL OF RADIO-CONTROLLED CATHODE WITH HBO AND PROFILOGRAPH FOR 3D-KARTING THE BOTTOM AND DENIAL DEPOSITS OF SMALL WATER SYSTEMS**

*Elbakidze AV, Kayvitser VI, Smolyaninov IV, Denisov E. Yu.*

FIDE them. V.A. Kotel'nikov RAS, Fryazino, Russia

e-mail: elbakidze@mail.ru

A description is given of an experimental autonomous multifunctional complex mounted on a radio-controlled model of a boat consisting of a side-scan sonar and a chopper with a chirp sounding signal, a GPS receiver, a course and pitch sensor, and a Wi-Fi access point. The experimental results of the work of the complex on the survey of the bottom of a small pond confirming the prospects of its use for various tasks are presented.

Multifunctional complex, model of a boat, parametric antenna, HBO.

Для обследования дна малых водоемов удобно устанавливать гидроакустическое оборудование на малые автономные катера [1]. Используемый в [1] катер позволял установить на нем только гидролокатор бокового обзора (ГБО), что позволяло обследовать поверхность дна водоемов с целью поиска объектов и исследования характеристик поверхностного грунта. Для целей очистки водоемов полезно знать характеристики толщи донных отложений. С этой целью автономный катер необходимо оснастить профилографом. Старая модель катера (Double Horse Flying Fish 7006) не могла вместить в себя всю аппаратуру. Поэтому была использована более вместительная модель в виде катамарана JABO 5C [2], которая была оснащена ГБО и профилографом.

### **Описание аппаратуры и программного обеспечения**

В ФИРЭ им. Котельникова РАН разработаны гидролокационные комплексы с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) зондирующих сигналов и технологии цифровой обработки эхо-сигналов, которые позволили повысить энергетический потенциал гидролокационных систем при невысоких амплитудах зондирующих импульсов [1]. За счет этого удалось существенно уменьшить габариты гидролокационных комплексов, в том числе ГБО и профилографа и разместить их на модели радиоуправляемого катера JABO 5C [2].

Радиоуправляемая модель катамарана имеет следующие технические характеристики: размеры катамарана 790x575x270 мм, вес – 9,4 кг, грузоподъемность до 5 кг, время автономной работы до 3 часов, радиус действия управления от 300 до 500 метров, скорость до 2 м/сек (1-10 км/ч по воде).

Разработанная аппаратура состоит из двух частей: первая установлена на катере, вторая на берегу. На катере установлен малогабаритный ГБО диапазона 450 кГц с ЛЧМ зондирующими сигналами, профилограф диапазона 7 КГц, навигационный приемник Глонасс-GPS, датчики курса, качки и точки доступа Wi-Fi для обеспечения оперативного просмотра, регистрации информации и управления движением катера ПЭВМ берегового терминала. Питание аппаратуры катера осуществляется от двух аккумуляторов ёмкостью 7-а/ч и напряжением 24 В. Аппаратура береговой станции состоит из ноутбука, и подключенных к нему Wi-Fi адаптера,

приемника спутниковой навигации и пульта управления движением катера.

ГБО обладает следующими техническими характеристиками: рабочая частота – 455 кГц, разрешающая способность по дальности 1.5 см, длительность сигнала зондирования 0.5÷10 мс, частота посылок – 50 ÷ 1 раз в секунду, мощность излучения 60÷100 Вт, полоса обзора 5 – 10 глубин под собой, диапазон рабочих глубин 0.5 – 50 м.

Профилограф обладает следующими техническими характеристиками: диапазон рабочих частот – 4.5-9 кГц, разрешающая способность по глубине 20 см, длительность сигнала зондирования 0.5÷10 мс, частота посылок – 20 ÷ 1 раз в секунду, мощность излучения 500 Вт.

Блок схема аппаратуры комплекса с внешними датчиками навигационной информации приведена на рисунке 1. Внешний вид катера с установленной аппаратурой изображен на рисунке 2.

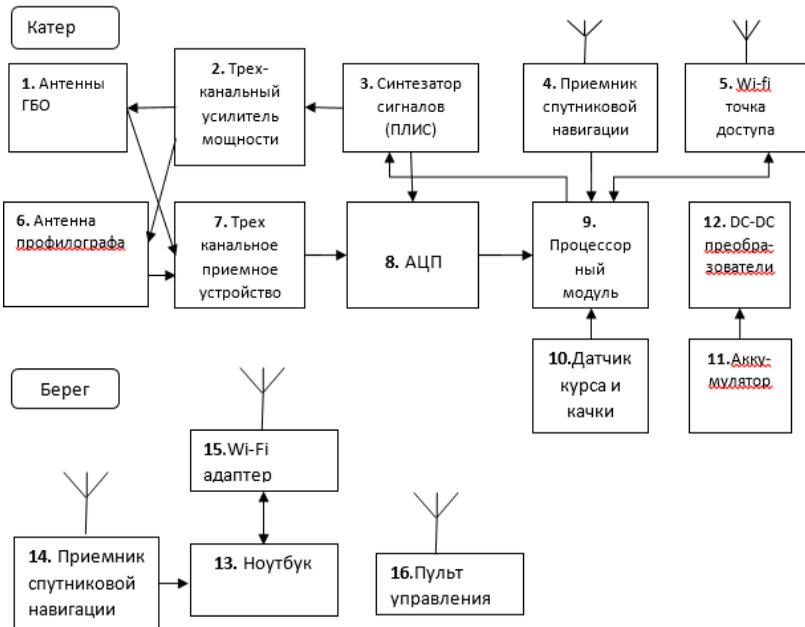


Рисунок 1 – Структурная схема комплекса ГБО с профилографом, установленного на автономный катер (вверху) и береговой базовой станции (внизу слева)



Рисунок 2 – Катер в снаряженном состоянии на воде буксирующий антенну профилографа

Программное обеспечение базовой станции позволяет задавать параметры зондирующих сигналов, запускать и останавливать сбор данных, управлять скоростью и направлением движения катера, архивировать поступающие по локальной сети эхо-сигналы и данные датчиков пространственного положения катера, а также и отображать их и акустическое изображение на экране ноутбука базовой станции в реальном времени.

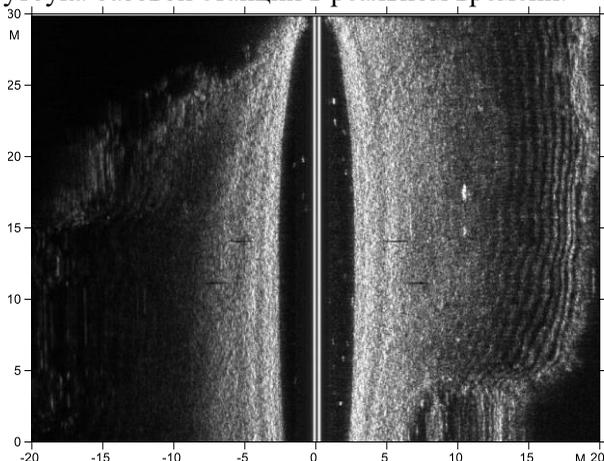


Рисунок 3 – Фрагмент яркостного изображения дна пресноводного водоема. На изображении хорошо видны заранее расположенные на дне объекты: 1- металлическое ведро 20x30 см, 2 –кирпич, размером 20x10x10 см.

Связь между микроконтроллером катера (8) и ноутбуком базовой станции (13), осуществляется через беспроводную сеть Wi-Fi. На катере установлена точка доступа (5), с выходами на проводной Ethernet, которая позволит, в дальнейшем, наращивать комплекс дополнительными устройствами. К ноутбуку подключен USB Wi-Fi адаптер (16) с внешней антенной для увеличения радиуса действия сети.

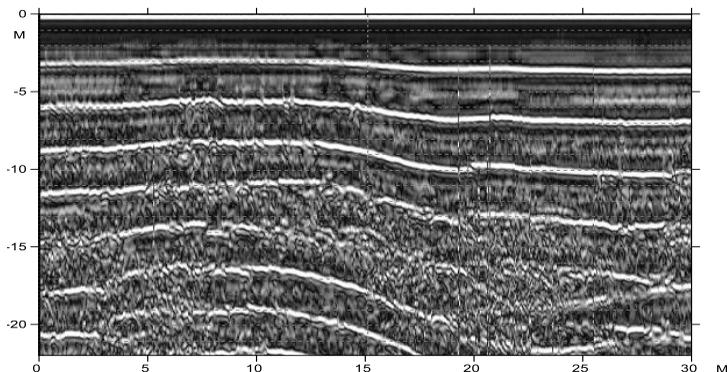


Рисунок 4 – Фрагмент профилограммы

Разработанный макет дистанционно-управляемого катера с гидролокатором бокового обзора позволяет проводить исследования дна на малых водоёмах. Созданные для него аппаратура и программное обеспечение могут быть легко адаптированы и установлены на другие платформы.

#### Библиографический список

1. Дистанционно управляемый катер с гидролокатором бокового обзора для картографирования дна малых водоемов. Каевицер В.И., Кривцов А.П., Разманов В.М., Смольянинов И.В., Элбакидзе А.В., Денисов Е.Ю. // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2016. – №10. – С. 80-91.

2. Интернет ресурс. <https://rc-today.ru/product/katamaran-jabo-5a-10/>. Дата обращения 13.06.2017.

**Элбакидзе Андрей Владимирович**, Фрязинский филиал федерального государственного бюджетного учреждения Российской академии наук Института радиотехники и электроники

им. В.А. Котельникова РАН, e-mail: elbakidze@mail.ru, 125009, г.Москва, ул. Моховая, д.11, кор.7, ИРЭ им.Котельникова РАН, тел. (496)56565-26-85, старший научный сотрудник.

**Каевицер Владилен Иосифович**, Фрязинский филиал федерального государственного бюджетного учреждения Российской академии наук Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, e-mail: elbakidze@mail.ru, 125009, г. Москва, ул. Моховая, д.11, кор.7, ИРЭ им. Котельникова РАН, тел. (496)56565-26-85, главный научный сотрудник.

**Смолянинов Илья Вячеславович**, Фрязинский филиал федерального государственного бюджетного учреждения Российской академии наук Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, e-mail: elbakidze@mail.ru, 125009, г. Москва, ул. Моховая, д.11, кор.7, ИРЭ им. Котельникова РАН, тел. (496)56565-26-85.

**Денисов Е.Ю.**, Фрязинский филиал федерального государственного бюджетного учреждения Российской академии наук Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, e-mail: elbakidze@mail.ru, 125009, г. Москва, ул. Моховая, д.11, кор.7, ИРЭ им. Котельникова РАН, тел. (496)56565-26-85.

УДК 621.3721.54; 534.222

## **КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ АКВАТОРИИ**

*Пивнев П.П.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: pivnevpp@sfedu.ru

Обсуждаются особенности комплексирования гидроакустических технологий при экологическом мониторинге акватории. Приведены характеристики направленности антенн гидролокатора бокового обзора и параметрического профилографа. Представлены результаты экспериментальных исследований в виде профилограмм донных осадков и панорам поверхности дна, проводимых в акватории Черного моря.

Гидроакустическое наблюдение; гидролокатор бокового обзора, параметрическая гидроакустическая антенна, экологический мониторинг, комплексирование гидроакустических технологий.

## **COMPLEXING HYDROACOUSTIC TECHNOLOGIES IN ENVIRONMENTAL MONITORING OF AQUATORIA**

*Pivnev P.P.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering  
e-mail: pivnevpp@sfedu.ru

The features of the integration of hydroacoustic technologies in the environmental monitoring of the water area are discussed. The directional characteristics of the side-scan sonar antennas and the parametric profilograph are presented. The results of experimental studies in the form of profilograms of bottom sediments and bottom surface panoramas conducted in the Black Sea are presented.

Sonar observation; side scan sonar, parametric hydroacoustic antenna, environmental monitoring, integration of hydroacoustic technologies.

На Земле около 70% поверхности занимает Мировой океан.

Мировой океан очень слабо изучен. Единственным инструментом изучения Мирового океана является гидроакустическое исследование. Для акустических волн не помеха не глубина, не мутность воды, ни освещенность. Однако человечество уже немало успело «подпортить» экологическое состояние водоемов (стоки заводов и городов, мусор, атомная энергетика и т.п.).

В экологическом мониторинге водных территорий значительно выручают гидроакустические технологии.

В качестве гидроакустического оборудования в экологическом мониторинге акватории используются:

– гидролокаторы, смотрящие вперед для определения препятствий;

- гидролокаторы бокового обзора;
- многолучевые эхолоты;
- интерферометрические гидролокаторы бокового обзора;
- параметрические гидроакустические профилографы;

- однолучевые эхолоты;
- гидролокатор бокового обзора с синтезом апертуры.

Для качественного обследования и мониторинга акватории целесообразно применять комплекс гидроакустических приборов. В настоящей статье представлены результаты экологического гидроакустического обследования акваторий с применением комплекса состоящего из гидролокатора бокового обзора и параметрического гидролокатора-профилографа.

Мониторинг – это периодический осмотр дна заданной акватории – залива, порта, рейда, прибрежной территории промышленных объектов, охраняемой зоны атомных электростанций. До мониторинга производится подробное картографирование контролируемой зоны.

Главной задачей мониторинга является проверка того, что в контролируемой зоне не появились новые объекты, не зафиксированные при картографировании или в предыдущих сеансах. Значение мониторинга в последние годы становится все более важным.

Гидролокатор бокового обзора предназначен для масштабного исследования поверхности дна и толщи воды. Полоса обзора 5-7 глубин по каждому борту. На рисунке 1 приведены экспериментально измеренные ДН антенны гидролокатора бокового обзора, разработанного на кафедре электрогидроакустической и медицинской техники института нанотехнологий, электроники и приборостроения южного федерального университета.

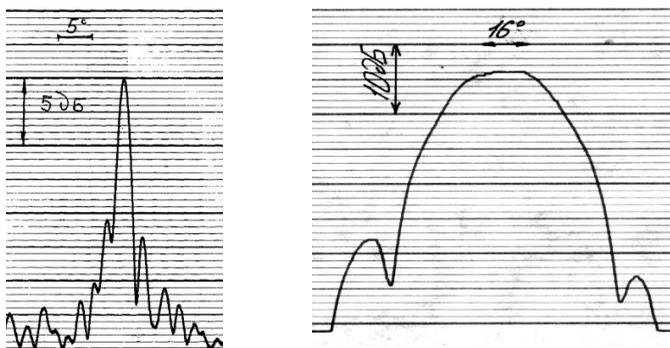


Рисунок1 – ДН антенны гидролокатора бокового обзора в вертикальной (а) и горизонтальной (б) плоскостях

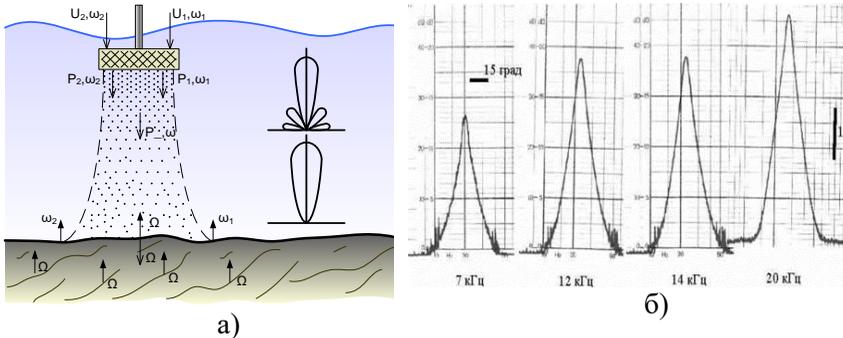


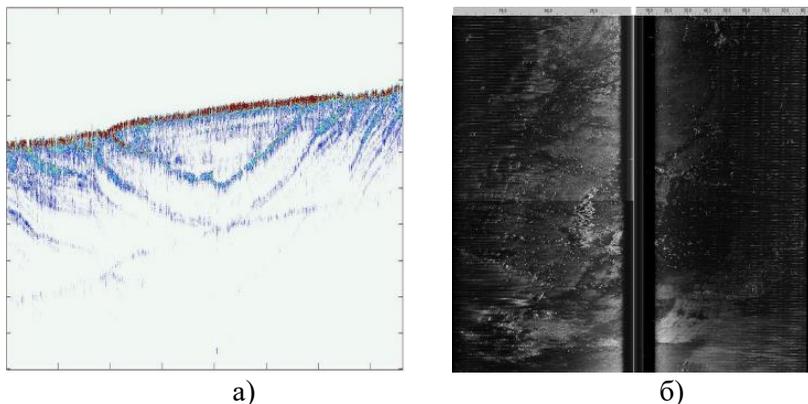
Рисунок 2 – а) схема работы параметрической антенны, 2 б) диаграммы направленности в диапазоне разностных (рабочих) частот

На рисунке 3 изображено судно с установленным гидроакустическим оборудованием, проводящее экологический мониторинг акватории в районе Таманского полуострова.



Рисунок 3 – ДН антенны гидролокатора бокового обзора в вертикальной (а) и горизонтальной (б) плоскостях

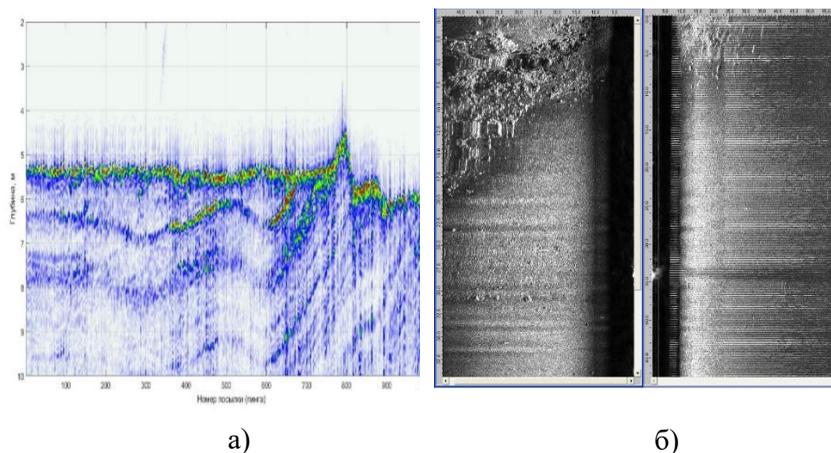
На рисунке 4 представлены профилограмма донных осадков (рисунок 4 а) и панорама поверхности дна (рисунок 4 б) Черного моря в районе мыса Панагия, полученные с помощью ППФ и ГБО с широкополосными сигналами.



а) б)  
Рисунок 4 – Профилограмма (а) донных осадков и панорама (б) поверхности дна Черного моря в районе мыса Панагия, полученные с помощью ППФ и ГБО с ШП сигналами

На рисунке 4а) четко видна геологическая складка осадочных пород, выход которых виден и на панораме поверхности дна (рисунок 4б).

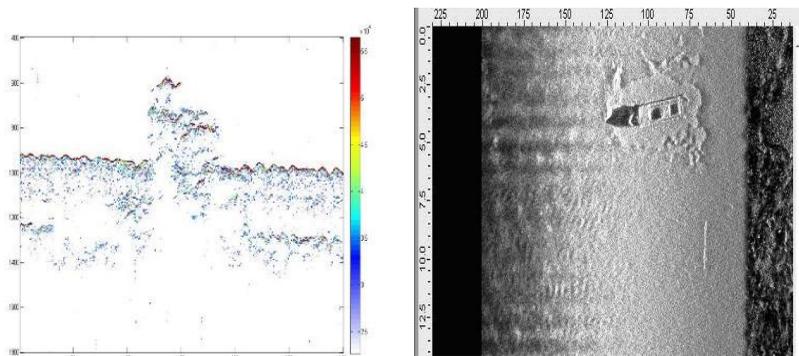
На рисунке 5 представлены профилограмма донных осадков и панорама поверхности дна Черного моря в районе Керченского пролива.



а) б)  
Рисунок 5 – Профилограмма донных осадков и панорама поверхности дна Черного моря в районе Керченского пролива

Выход слоя осадочных пород виден как на профилограмме, так и на акустическом изображении поверхности дна.

А на рисунке 6 показаны результаты обследования участка акватории Черного моря в районе где было затоплено судно Сакко и Ванцетти.



Сонограмма а) и профилограмма б) участка дна в районе затопления торгового судна Сакко и Ванцетти

Проводя обзор приведенных выше изображений с экспериментальными данными можно сделать вывод, что комплексирование таких гидроакустических приборов как гидролокатор бокового обзора и параметрический профилограф позволяет значительно повысить качество экологического мониторинга акватории. Компенсировать целесообразно и другие приборы при экологическом мониторинге акватории, например к указанным выше ГБО и ПГЛ добавлять в комплекс и измеритель скорости звука и температуры.

#### Библиографический список

1. Воронин В.А., Тарасов С.П., Тимошенко В.И. Гидроакустические параметрические системы. / Ростов н/Д: Ростиздат, 2004. 400с.
2. Воронин В.А., Воронин А.В., Пивнев П.П. К вопросу контроля положения подводных и заиленных частей опор мостов. // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Экология 2006-море и

человек» / Матер. науч.-техн. конф. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006, №12 . с.86.

3. Воронин В.А., Пивнев П.П., Тарасов С.П. Широкополосные гидроакустические антенны систем экологического мониторинга водной среды и придонных осадочных пород. Инженерный вестник Дона. 2015. Т. 39. № 4-2 (39). С. 26.

4. Пивнев П.П. Применение модульного принципа построения гидроакустических систем, предназначенных для экологического мониторинга морской среды. Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 9 (146). С. 134-140.

5. Пивнев П.П., Бондарева Ж.Ю., Обыденная В.А. Экспериментальные исследования повышения информативности гидролокационных средств самоходных подводных аппаратов путем расширения полосы пропускания. Научные труды SWorld. 2014. Т. 9. № 1. С. 37-42.

6. Митько В.Б., Евтютов А.П., Гушин С.Е. Гидроакустические средства связи и наблюдения. – Л.: Судостроение, 1982. – 200 с.

7. Евтютов, А.П. Справочник по гидроакустике / Евтютов А.П., Колесников А.Е., Корепин Е.А. и др. – Л.: Судостроение, 1988. – 552 с.

8. Касаткин Б.А. К оценке широкополосности низкочастотных цилиндрических пьезопреобразователей. // Акуст. ж. – 1983. – Т.29. – №1. – С. 60-63.

9. Воронин В.А., Пивнев П.П., Тарасов С.П. Построение широкополосных и сверхширокополосных антенн гидроакустических поисковых средств.// Труды XI Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – СПб.: Наука, 2012. – С. 108 – 111.

**Пивнев Петр Петрович**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: pivnevpp@sfedu.ru; 347922, г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2, корп. «Е»; тел.: 8(8634)371795; к.т.н.; доцент.

УДК 621.3721.54; 534.222

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОКАТОРА  
БОКОВОГО ОБЗОРА ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ И  
МОНИТОРИНГА ИНЖЕНЕРНЫХ СОРУЖЕНИЙ**

*Кожухова М.Е., Корнюкова Ж.Ю., Лукьянченко А.А.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: jeanne\_bond@mail.ru

Целью данной работы является исследование частей инженерных сооружений, находящихся под водой и заиленных объектов. Контроль состояния заиленных и подводных частей опор мостов связан с безопасностью эксплуатации мостов. Достижение данной цели возможно благодаря использованию гидролокатора бокового обзора. В статье представлены данные экспериментальных работ по обследованию и контролю подводных частей опор мостов. В заключении приведен анализ экспериментальных данных и возможностей гидролокатора бокового обзора.

Гидроакустические средства, гидролокатор бокового обзора, инженерные сооружения.

**THE PROSPECTS OF APPLICATION OF THE SIDE SCAN  
SONAR REVIEW FOR SURVEY AND MONITORING OF  
ENGINEERING CONSTRUCTIONS**

*Kozhukhova M.Ye., Kornukova ZH.Yu., Luk'yanchenko A.A.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics  
and Equipment Engineering  
e-mail: jeanne\_bond@mail.ru

The purpose of this work is to study the parts of engineering structures under water and silted objects. Monitoring the state of silted and underwater parts of bridge supports is connected with the safety of operation of bridges. Achieving this goal is possible, thanks to the use of side-scan sonar. The article presents experimental data on the inspection and control of underwater parts of bridge supports. In conclusion, an analysis of the experimental data and the capabilities of the side-scan sonar is given.

Sonar tools, side scan sonar, engineering structures.

В связи с увеличением масштабов современных морских инженерных, геологоразведческих и экологических работ возникает потребность использования прибрежных акваторий и подводных месторождений природных ресурсов. Для этих целей используются различные методы диагностики (исследование объектов водолазами, видеосъемка и гидроакустические методы). Гидроакустические методы исследования позволяют исследовать как подводную часть объектов, так и заиленную в осадках и могут использоваться в мутной воде, при течениях и в широком диапазоне температур воды.

Остановимся на применении ГБО для контроля подводных частей инженерных сооружений таких как: опоры мостов, причальные стенки, части водосборных сооружений, трубопроводы и кабели, проходящие по дну. Все это связано с экологической безопасностью. Большое количество мостов в мире построено многие десятилетия назад и первоначальное расположение опор и их подушек относительно поверхности грунта не соответствует их нынешнему состоянию. Это связано с тем, что течение реки размывает грунт у свай с одной стороны и намывает с другой, давление моста на опоры деформирует фундаменты (подушки) опор, при этом части, расположенные первоначально в грунте, могут оказаться в воде над грунтом, что приводит к их большому износу.

Состояние и расположение частей опор мостов в настоящее время контролируется в недостаточной мере, поскольку прозрачность воды не всегда позволяет применить оптический метод.

Для проведения этих работ целесообразно использовать гидролокатор бокового обзора. Гидролокатор бокового обзора позволяет просматривать поверхность дна водоема, определять рельеф дна, в том числе и у опоры, и обнаруживать различные объекты, расположенные на дне и над дном и обнаруживать дефекты подводной части опоры мостов.

На рис. 1 представлены результаты экспериментальных работ, проводимых кафедрой ЭГА и МТ по диагностике состояния опоры автомобильного моста через р. Дон по трассе М-4.

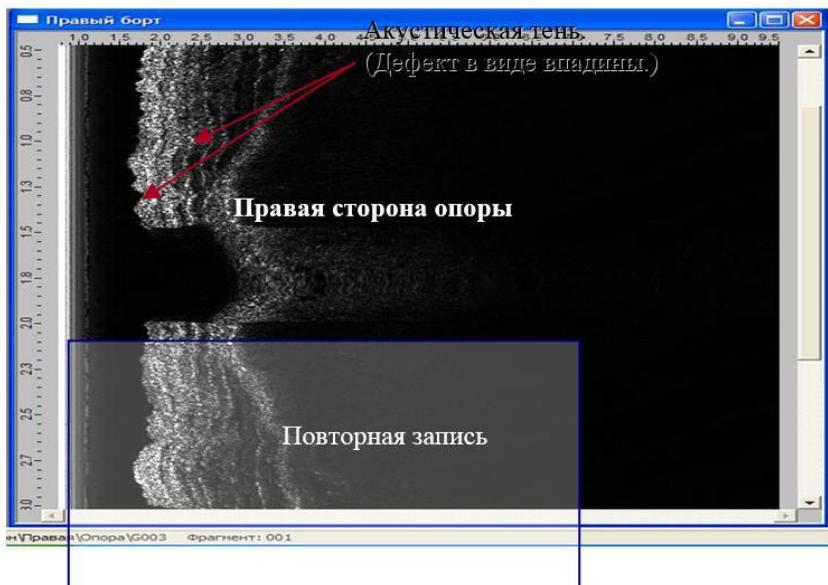


Рисунок 1 – Эхограмма подводной части опоры, мост через р. Дон

Разрешающую способность гидролокатора в горизонтальной плоскости определяет ширина характеристики направленности, которая в используемом приборе составляет 1 градус. Длинный зондирующий импульс позволяет увеличить энергию зондирующего сигнала, тем самым расширить диапазон рассматриваемого участка дна водоема, а широкая полоса сигнала определяет высокую разрешающую способность по дистанции при оптимальной его обработке. Приведенная эхограмма показывает, что опора моста спереди немного подмыта, а сзади течением нанесен грунт. Также на стенке опоры видны дефекты. [1,2]

Практически незаменимым средством контроля состояния трубопроводов и кабелей, проходящих по дну является ГБО. На эхограмме представлены результаты диагностики состояния сбросного коллектора в районе маяка, г. Геленджик (рис. 2).

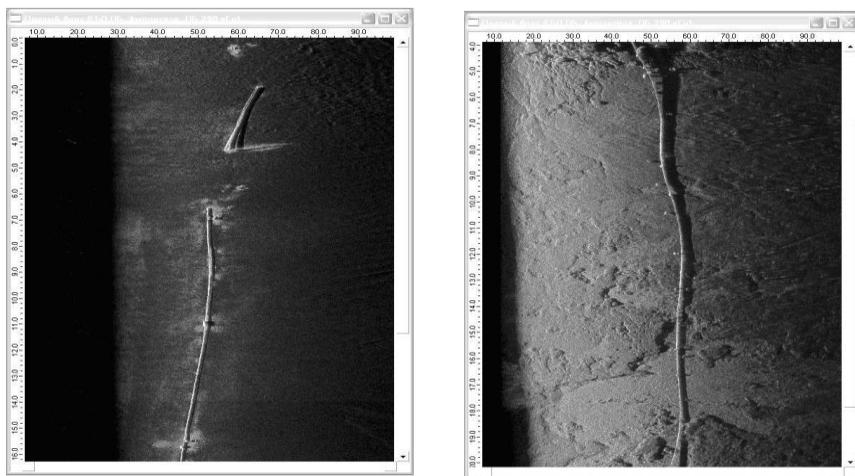


Рисунок 2 – Эхограммы состояния сбросного коллектора в районе маяка

Также кафедрой были проведены экспериментальные работы по диагностике состояния подпорных стенок и водосброса Краснодарского гидросооружения (рис. 3). На эхограммах отчётливо видны следы опалубки, состояние шпоночных швов, эрозия бетона (вымоины).

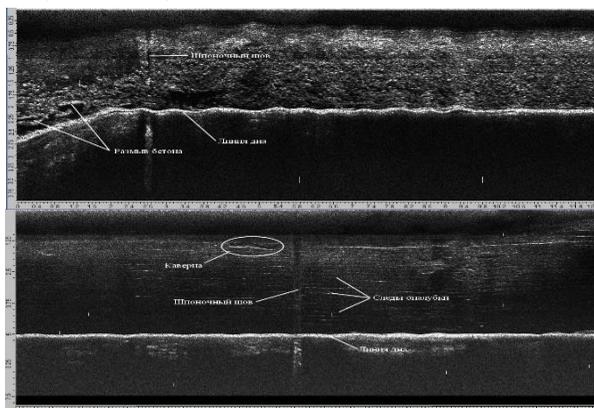


Рисунок 3 – Акустические изображения вертикальной стены водосбросного сооружения водохранилища

При диагностике инженерных сооружений целесообразно построить карту акустических изображений сооружения и при периодическом мониторинге можно следить за изменением его состояния.

Использование гидролокаторов бокового обзора с высокой разрешающей способностью для контроля инженерных сооружений позволяет оценить расположение как подводной, так и надводной частей сооружений, что говорит о возможности построения приборов контроля, которые будут учитывать условия эксплуатации (мелководье, течение и т.д.) и разработки технологии контроля, которая позволит оценить состояние подводной части инженерных сооружений.

Библиографический список:

1. Воронин В.А., Воронин А.В., Пивнев П.П. К вопросу контроля положения подводных и заиленных частей опор мостов. // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Экология 2006-море и человек» / Матер. науч.-техн. конф. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006, №12. с.86.

2. Солдатов Г.В., Перенижко И.В., Ткач Д.В. Применение параметрических антенн для определения акустических свойств и структуры морского дна на шельфе. Сборник трудов Научной конференции

«Россия Научного совета РАН по акустике и XXV сессия Российского акустического общества». Т.2. – М.: ГЕОС, 2012, 359 с.

3. Пивнев П.П. Исследование взаимодействия многокомпонентного сигнала в средах с дисперсией. // Сборник трудов XVIII сессии российского акустического общества. Москва: Изд-во ГЕОС, 2006, Том 1. с.127.

**Кожухова Мария Евгеньевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: mash\_TGN@mail.ru; г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, Аспирант

**Корнюкова Жанна Юрьевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и

медицинской техники; e-mail: [jeanne\\_bond@mail.ru](mailto:jeanne_bond@mail.ru); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, Аспирант

**Лукьянченко Анатолий Александрович**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: [lukuanchenko\\_a@mail.ru](mailto:lukuanchenko_a@mail.ru); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, Магистрант

УДК 621.372

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПОДВОДНОЙ АРХЕОЛОГИИ**

*Бондарева Е.Ю., Корнюкова Ж.Ю., Лукьянченко А.А.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения  
e-mail: [pivnevpp@sfedu.ru](mailto:pivnevpp@sfedu.ru)

В настоящее время применение гидроакустических методов и средств можно наблюдать повсеместно. Гидроакустические системы и станции применяются для решения различных поисковых, инженерных и исследовательских задач.

Одной из новых областей применения средств гидроакустики стала подводная археология. Подводная археология – это вспомогательная дисциплина археологии, использующая в своих целях знания истории, археологии, геологии и возможности разнообразной современной техники, в том числе гидроакустической.

В данной работе описаны гидроакустические исследования Цимлянского водохранилища вблизи хутора Крутой с использованием гидролокатора бокового обзора. В результате получены эхограммы дна. По полученным данным можно сделать оценку состояния стены лодочной станции и структуры, типа, состава донных осадков и определить их вертикальную и горизонтальную изменчивость.

Цимлянское водохранилище, гидролокатор бокового обзора, эхограмма, донные осадки.

## THE APPLICATION OF HYDROACOUSTIC TECHNOLOGIES IN UNDERWATER ARCHAEOLOGY

*Bondareva E.Yu., Korniyukova Z.Yu., Lukyanchenko A.A.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics  
and Equipment Engineering  
e-mail: pivnevpp@sfnedu.ru

At this time, the application of hydroacoustic methods and tools can be seen everywhere. Sonar system and station, used to solve various search, engineering and research tasks.

One of the new areas of application of hydroacoustics was underwater archaeology. Underwater archaeology is an auxiliary discipline of archaeology, that the purpose of knowledge of history, archaeology, Geology and possibilities of various modern equipment, including sonar.

In this paper, we describe a hydroacoustic study of the Tsimlyansk reservoir near the hamlet is Steep with the use of side-scan sonar. The result is a bottom echo. According to the obtained results it is possible to make assessment of the state of the walls of the boathouse and structure, type and composition of sediments and to determine their vertical and horizontal variability.

Tsimlyansk reservoir, side scan sonar, echogram, bottom sediments.

На сегодняшний день человечество активно изучает и осваивает все известные ресурсы мирового океана. Исследование морей и океанов, а также использование их богатств стало возможным благодаря развитию современных гидроакустических средств. Экологический мониторинг акваторий, геологоразведка, строительство и контроль состояния подводных сооружений – вот неполный перечень инженерных и исследовательских работ, в которых гидроакустика используется, как основной инструмент для решения специальных задач прикладного характера.

Добыча ресурсов океана – наиболее важная задача с точки зрения развития мировой экономики. С другой стороны, по строению океанического дна, изменению береговой линии и русел рек можно судить о перемещении древних городов и селений в зависимости от изменения уровня воды. И здесь благодаря

использованию средств гидроакустики можно проводить поиск древних затонувших городов, портов и кораблей.

Подводная археология – это вспомогательная дисциплина археологии, занимающаяся поиском и изучением артефактов, находящихся под водой. Активные исследования в области подводной археологии в последние годы связано, во-первых, с усилением интереса к результатам таких исследований и, во-вторых, с появлением современных технических средств (гидроакустические средства, геолокаторы, подводные фотокамеры и т.п.), которые позволяют существенно повысить их результативность [1].

В августе 2017 года планируется проведение поисковых и научно-исследовательских работ в акватории Цимлянского водохранилища. Цимлянское водохранилище – искусственное водохранилище, созданное в 1952 году. Образовано созданием плотины у современного города Цимлянска (бывшей станицы Цимлянской).

Одной из страниц истории этой стройки стало массовое переселение хуторов и станиц, попавших в зону затопления. Под переселение попали более 150 хуторов и станиц на территории Ростовской и Сталинградской областей.

В рамках выполнения работ были составлены отчетные картографические материалы участков дна прибрежной зоны Цимлянского водохранилища вблизи хутора Крутой. Работы проводились мелководном районе, где применение традиционных сейсмоакустических систем невозможно. Для проведения работ в этом районе применялись гидролокационные системы. Панорамной съемка поверхности дна производилась гидролокатором бокового обзора.

Цель проведения работ состояла в получении информации о рельефе дна и об искусственных и естественных объектах на дне. Особое внимание было уделено исследованию возможностей гидроакустической аппаратуры для решения задач обнаружения и идентификации объектов культурного наследия. Работы проводились силами кафедры ЭГА и МТ ИНЭП ЮФУ на базе научной станции ИФА им. А. М. Обухова.

На рисунке 1 показаны галсы в районе работ.

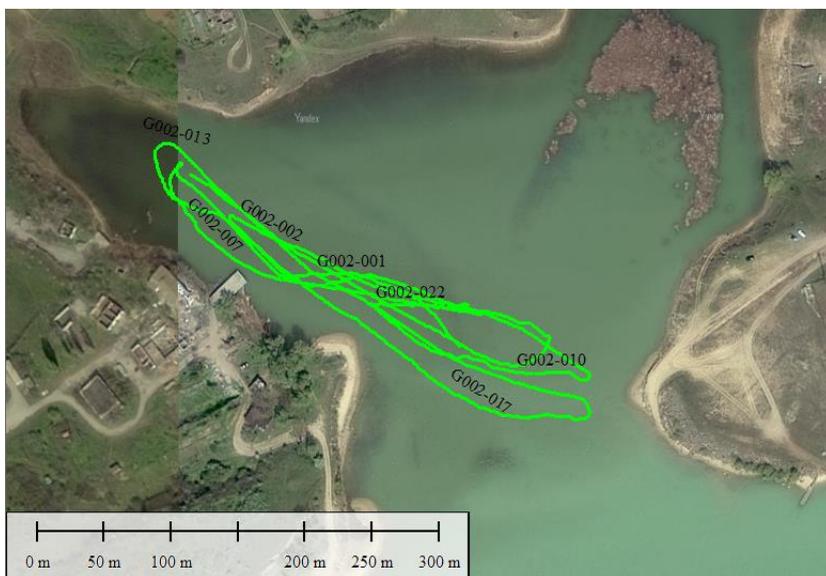


Рисунок 1 – Первый галс – общий вид

При панорамной съемке поверхности дна применяют многолучевые гидролокаторы и гидролокаторы бокового обзора. На мелководье дальность определяется углом засветки поверхности дна лучом локатора. При малых глубинах эта дистанция составляет 5-7 глубин. Наиболее приемлемы для площадных съемок в данном случае являются гидролокаторы бокового обзора, которые имеют высокое разрешение по углу и дальности и позволяют увеличить производительность съемки за счет площадного зондирования. Кроме того, антенная система таких локаторов имеет малые размеры и может размещаться на судах небольшого водоизмещения.

Антенна гидролокатора бокового обзора «Неман» с помощью забортного устройства заглубляется на глубину до одного метра с левого и правого борта судна и ориентируется в сторону дна с наклоном 30 градусов к горизонту. Забортное устройство прикрепляется к левому и правому борту судна в средней его части.

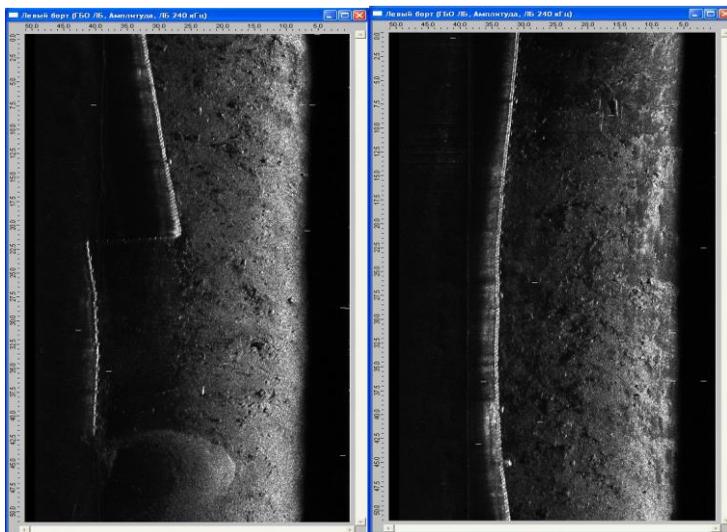


Рисунок 2 – Акустическая запись ГБО

Результаты зондирования записываются в память компьютера на жесткий диск и впоследствии обрабатываются в режиме просмотра в специализированном программном обеспечении. При пост-обработке строятся планшеты по записям эхосигналов и координат. Координаты от спутниковой навигации поступают в компьютер и записываются в файл по каждой посылке гидролокатора бокового обзора, либо профилографа.

Методика съемки заключается в проходе судном по заданному маршруту. В это же время производится съемка рельефа поверхности дна гидролокатором бокового обзора.

В результате получены эхограммы дна в районе хутора крутой. По полученным данным можно сделать оценку состояния стены лодочной станции и структуры, типа, состава донных осадков и определить их вертикальную и горизонтальную изменчивость.

### Библиографический список:

1. Дунчевская С.В., Сычев В.А., Фазлуллин С.М. Применение гидроакустических средств в подводной археологии. URL: <http://incseatech.ocean.ru/index.php/podvodnaya-arkheologiya/128-primenenie-gidroakusticheskikh-sredstv-v-podvodnoj-arkheologii.html> (дата обращения 15.05.2017);

2. Электронный каталог продукции научно-производственного предприятия «Форт XXI» URL: <http://www.fort21.ru/> (дата обращения 12.07.2017);

3. Пивнев П.П., Солдатов Г.В., Лукьянченко А.А. Чоп Д.А., Безматерных Д.О., Обыденная В.А. Применение параметрического профилографа при проведении подводных археологических изысканий/ Научно-практическая конференция «Нелинейная акустика – 50» Сборник трудов. – Таганрог: Издательство южного федерального университета, 2015. с. 47-53.

**Бондарева Елена Юрьевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: [bondarevaelena67@gmail.com](mailto:bondarevaelena67@gmail.com); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, студент

**Корнюкова Жанна Юрьевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: [jeanne\\_bond@mail.ru](mailto:jeanne_bond@mail.ru); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, аспирант

**Лукьянченко Анатолий Александрович**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: [lukuanchenko\\_a@mail.ru](mailto:lukuanchenko_a@mail.ru); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, магистрант

УДК 621.372

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОЛОКАТОРА БОКОВОГО ОБЗОРА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АКВАТОРИЙ ПЛЯЖЕЙ**

*Корнюкова Ж.Ю., Кожухова М.Е., Мельниченко В.А.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: [sptarasov@sfedu.ru](mailto:sptarasov@sfedu.ru)

Мировой океан и его минеральные, биологические и энергетические ресурсы активно исследуются. В этой связи актуальными становятся вопросы экологии морей и океанов. Гидроакустический метод мониторинга акваторий – не является традиционным в экологии, однако используемые в этой сфере гидролокатор бокового обзора и параметрический профилограф уже зарекомендовали себя, как высокоэффективные и безопасные средства контроля состояния прибрежных акваторий.

В данной работе описаны возможности и перспективы применения гидроакустического оборудования в экологическом мониторинге, а также приведены результаты уже проведенных работ.

Экологический мониторинг, гидроакустическое оборудование, параметрический профилограф, гидролокатор бокового обзора.

## **THE APPLICATION OF SIDE-SCAN SONAR FOR ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE BEACHES**

*Kornyukova ZH.Yu., Kozhukhova M.Ye., Mel'nichenko V.A.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering  
e-mail: sptarasov@sfedu.ru

The world ocean is intensively studied with its mineral, biological, energy and other resources. Method of hydroacoustic monitoring of the waters is not traditional in ecology, however, sonar side-scan and parametric profilograph the use of already established itself as a highly effective and safe means of monitoring the condition of coastal waters.

This paper describes the opportunities and prospects for the use of sonar equipment in environmental monitoring, as well as the results of already performed work.

Ecological monitoring, hydroacoustic equipment, parametric profilograph, side scan sonar.

Все регионы России, в большей или меньшей степени, имеют возможности для развития курортных зон и обладают мощным потенциалом для развития экотуризма. Однако, этот потенциал используется нами не в полной мере. На сегодняшний день экологическое состояние прибрежной полосы Черного и Азовского

морей в сочетании с архаичной территориальной инфраструктурой, уступает благоустройству пляжей Турции, Греции, Египта и других наиболее популярных для россиян курортных стран. А в некоторых случаях, отдых на побережье Азовского моря или Крымского побережья Черного моря может оказаться опасными для здоровья.

Причины сложившейся неблагоприятной экологической обстановки на побережьях различны, но среди них можно выделить наиболее значимые [1].

Во-первых, это плотная застройка береговой линии гостиницами, ресторанами и другими комплексами, что нарушает циркуляцию ветра в прибрежной зоне. По этой причине происходят намывы песка и общее изменение динамики строения дна прибрежных зон. Кроме того, в курортный сезон гостиницы заселены предельно плотно, а выгребные ямы в большинстве случаев не рассчитаны на такие нагрузки. В результате отходы из выгребных ям просачиваются в почву и через грунтовые воды попадают в море.

Во-вторых, это глобальное перенаселение пляжей в курортный сезон. Протяженность береговой полосы Черноморского побережья Кавказа составляет около 500 км. Согласно статистике, на каждый метр береговой линии Черного моря приходится один постоянный, местный житель, летом это число удваивается, а в курортной местности на человека остается всего уже несколько сантиметров. Морские микроорганизмы, обеспечивающие естественное очищение воды не справляются с такой нагрузкой. Пляж приходит в антисанитарное состояние. Но загрязнен он не столько присутствием человека, сколько отходами питания, продуктами пищи, мелким мусором, оставляемым на песке [2].

В-третьих, это сброс неочищенных ливневых и сточных вод в море.

Согласно Санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам СанПиН 2.1.5.2582-10 сброс всех видов отходов, неочищенных и необеззараженных сточных вод, включая недостаточно очищенные и обеззараженные хозяйственно-бытовые, производственные, ливневые, коллекторно-дренажные, сбросные и другие сточные воды районах водопользования населения строго запрещается.

Однако на практике, в прибрежные воды достаточно часто попадают неочищенные ливневые стоки. Наиболее часто это бывает после ливневых дождей. В это время городские ливневые стоки и очистные сооружения могут попросту не справляться с нагрузкой, и неочищенная вода попадает в море.

Упомянутый выше СанПиН 2.1.5.2582-10 устанавливает ограничения на сброс промышленных, сельскохозяйственных, городских сточных вод, а также организованный сброс ливневых сточных вод в пределах первого пояса зон санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого водоснабжения и в черте населенных пунктов. Данное требование выполняется за счет отведения трубопровода для стока очищенных ливневых и сточных вод за пределы первого пояса зон санитарной охраны. Очень часто такие трубы заходят в море на территории пляжей или в непосредственной близости с ними. В случае правильной работы такой системы пляжи и прибрежная полоса находятся в безопасности и загрязнение неочищенными водами им не грозит. Однако, в случае пробоев трубопроводов, сточные и ливневые воды разливаются в пределах акватории пляжей, что с высокой долей вероятности может оказаться опасным для здоровья отдыхающих.

Данная ситуация осложняется тем, что трубопровод находится под водой и визуальное обнаружение пробоины или другие дефекты в трубе невозможно. Для проведения контроля состояния трубопроводов можно привлекать аквалангистов. Но их работа ограничивается рядом таких факторов, время суток, температурные условия, прозрачность воды и прочее.

Наиболее продуктивно в этих целях использовать средства гидроакустики, в частности гидролокатор бокового обзора (ГБО). ГБО представляет собой средство звукового обнаружения подводных объектов с помощью акустического излучения. С помощью ГБО можно получать высококачественные акустические изображения дна и находящихся на них объектах. Для уменьшения трудовых и финансовых затрат по наемным судам целесообразно применить безэкипажное маломерное судно. На кафедре электрогидроакустической и медицинской техники ИНЭП ЮФУ ведется разработка малогабаритного радиоуправляемого катера, предназначенного для проведения экологического мониторинга пляжей [4, 5].

Корпус катера выполнен из композиционного стеклопластика. Судно оснащается двумя двигателями, специально разработанными для установки на малогабаритные радиоуправляемые суда. Управление катера можно осуществлять оператором при помощи пульта с радиоуправлением. Катер так же будет иметь возможность двигаться по заранее заданному программному пути с использованием навигационной системы GPS, которая в случае возникновения каких-либо проблем способна вернуть мобильный комплекс по тому же маршруту. В целях энергообеспечения комплекса установлены аккумуляторные батареи, позволяющие судну, находится в море до 8 часов. Грузоподъемность катера не более 35 кг. Максимальная скорость составляет узлов, а крейсерная 10 узлов.

Отличительной особенностью данного проекта является возможность установки на катер нескольких вариантов гидроакустического оборудования. Одним из таких вариантов является гидролокатор бокового обзора высокого разрешения, предназначенного для детальной съемки объектов под водой и эхолота, необходимого для измерения глубины в зоне проведения работ.

Возможности гидроакустических антенн зависят от их электроакустических и частотных характеристик. Для обнаружения мелких дефектов и пробоин в трубе необходимо получить акустическое изображение высокого разрешения, что может быть обеспечено только высокочастотными гидроакустическими антеннами. Технические характеристики данной антенны приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики антенны гидролокатора бокового обзора высокого разрешения

№ п/п	Характеристики	Значение
1	Рабочая частота	800 кГц
2	Полоса пропускания	80 кГц
3	Ширина ХН в вертикальной плоскости	20 <sup>0</sup>
4	Ширина ХН в горизонтальной плоскости	1 <sup>0</sup>

В рамках экспериментальных исследований характеристик антенны гидролокатора были проведены лабораторные исследования направленных свойств антенны ГБО в измерительном гидроакустическом бассейне. На рис. 1 показаны экспериментально измеренная характеристика направленности отдельного модуля антенны в широкой плоскости.

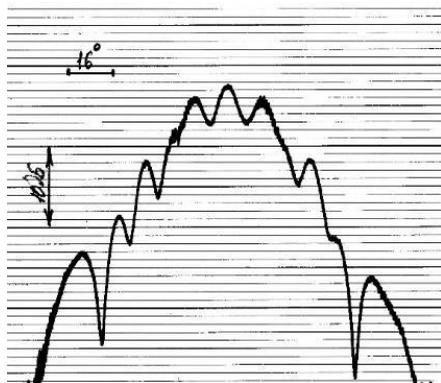
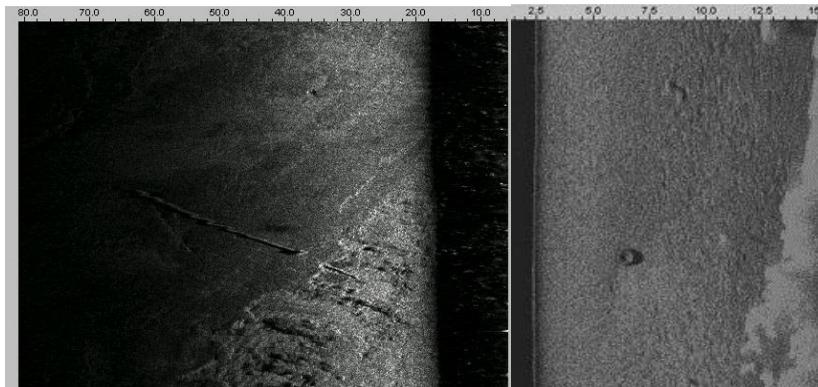


Рисунок 1 – Характеристика направленности антенны ГБО в широкой плоскости

Описанное устройство уже успешно испытано при проведении гидроакустических обследований состояния подводного трубопровода в г. Геленджик, Черное море (рисунок 2, а) и экологического состояния дна участка р. Москва (рисунок 2, б).



а) б)  
Рисунок 2 – Эхограмма части трубы, вымытой из песка, (а);  
эхограмма покрывка колеса (б)

Проведение экологического мониторинга акваторий пляжей является той задачей, при решении которой ГБО играют важную роль. Это связано, с большой производительностью таких систем и высокой точностью акустического изображения исследуемого участка акватории. Это дает возможность исследовать большие участки дна и выявить для дальнейших, более детальных исследований только отдельные из них, и сделать это в достаточно сжатые по времени сроки. Следующим этапом идет проведение подводных работ водолазов и специализированных подводных аппаратов, направленных на устранение пробоев в трубопроводе, подмывов песка из-под него и других работ. А установка такого оборудования на малогабаритный роботизированный комплекс может существенно снизить затраты на проведение исследовательских работ по сравнению с аналогичными работами. Таким образом, периодическое диагностирование состояния подводных сооружений, а также координирование потенциально-опасных участков позволяет значительно сократить риски загрязнения акваторий пляжей и ускорить ремонтные работы.

Библиографический список:

1) Барабанщиков Д. А., Сердюкова А. Ф. Особенности экологии Черного моря, №25. Из-во: ООО «Издательство Молодой ученый», 2017. с. 98-101.

2) GeoЮгСервис.: Проектно-изыскательские работы, Экологическое состояние Чёрного моря: проблемы и перспективы. URL: <http://www.geoygservis.ru/publishing/ekologicheskoe-sostoyanie-chyernogo-morya-problemy-i-perspektivy/> (дата обращения 12.07.2017);

3) Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.5.2582-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к охране прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения»

4) Столяренко Д. Применение гидролокатора бокового обзора для прокладки и контроля положения подводного трубопровода.

URL: <https://doc4web.ru/geografiya/primenenie-gidrolokatora-bokovogo-obzora-dlya-prokladki-i-kontro.html> (дата обращения 1.08.2017);

5) Скняря А.В. Применение гидролокатора бокового обзора для решения задач безопасности судоходства и экологического мониторинга/ А.В. Скняря, В.Т. Трусилов, М.В. Седов.- М.: БНТИ, 2007. 6 с.

**Корнюкова Жанна Юрьевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: [jeanne\\_bond@mail.ru](mailto:jeanne_bond@mail.ru); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, Аспирант

**Мельниченко Валентина Андреевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: [mash\\_TGN@mail.ru](mailto:mash_TGN@mail.ru); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, Аспирант

**Кожухова Мария Евгеньевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: [mash\\_TGN@mail.ru](mailto:mash_TGN@mail.ru); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, Аспирант

УДК 621.372

## **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ БУКСИРУЕМЫХ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

*Лукьянченко А.А., Корнюкова Ж.Ю., Кожухова М.Е., Бондарева  
Е.Ю., Чоп Д.А.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: [pivnevpp@sfedu.ru](mailto:pivnevpp@sfedu.ru)

Шельфовая зона Мирового океана, внутренние водоемы являются районами интенсивной деятельности человека. Экологический мониторинг акваторий при освоении сырьевых и биологических ресурсов является настоятельной необходимостью.

Благодаря буксируемым гидроакустическим системам стало возможным проводить такие работы.

В статье описаны основные проблемы, с которыми сталкиваются при разработке и эксплуатации гидроакустических приборов и систем, а также пути их решения. Эффективным способом выполнения поисковых и инспекционных работ под водой является использование комплекса, состоящего из буксируемой гидроакустической системы, которая состоит из прочного корпуса с установленными в нее гидролокатора бокового обзора и эхолота.

Буксируемая гидроакустическая система, гидроакустика, буксируемый подводный аппарат, гидролокатор бокового обзора, антенна эхолота.

## **FEATURES OF CONSTRUCTION OF TOWED SONAR SYSTEMS**

*Luk'yanchenko A.A., Korniyukova ZH.YU., Kozhukhova M.Ye.,  
Bondareva Ye.YU., Chop D.A.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics  
and Equipment Engineering  
e-mail: pivnevpp@sfedu.ru

Shelf zone of the oceans, inland waters are areas of intense human activity. Ecological monitoring of water areas in the development of raw material and biological resources is an urgent necessity. Thanks towed sonar systems have made it possible to carry out such work.

The article describes the basic problems faced in the development and operation of hydroacoustic devices and systems, as well as ways of their solution. An effective way to execute search and inspection of work under water is to use complex consisting of towed sonar system which is of durable housing with established in it of side-scan sonar and echo sounder.

Towed sonar system, sonar, a towed underwater vehicle, side-scan sonar, antenna, depth sounder.

В последние годы в связи с расширением поиска углеводородов под водой, залегающих в осадочной оболочке земной коры, укладке подводных газо- и нефтепроводов, обследовании опорных частей нефтедобывающих платформ, скрытых под водой

потребовались более точные батиметрические измерения и обследования состояния морского дна. Экологический мониторинг акваторий при освоении сырьевых и биологических ресурсов, особенно разработке нефтяных и газовых месторождений, является настоятельной необходимостью. При этом важную роль играет оперативный контроль дна, донных отложений с использованием дистанционных методов и средств. Эффективным способом выполнения поисковых и инспекционных работ под водой является использование комплекса, состоящего из буксируемой акустической системы. Интенсивность проводимых такого рода работ все время возрастает, охватывая как мелководные, так и глубоководные районы Мирового океана. И если на мелководье для определения местоположения было достаточно информации, получаемой при буксировке гидролокатора бокового обзора или геофизического оборудования установленных стационарно, то в более глубоких водах, оказалось необходимо использовать буксируемые гидроакустические системы, для получения более точной информации о проводимых работах. Именно для этих целей и используются буксируемые системы.

Среди всех гидроакустических систем можно выделить три большие группы: телеуправляемые, автономные и буксируемые.

Буксируемый подводный аппарат – это необитаемое инженерное сооружение для проведения подводных наблюдений и работ в подводном плавании в сопровождении судна-носителя или при непосредственной связи с судном-носителем с помощью троса или кабель-троса.

Аппараты такого типа служат для выполнения следующих подводных работ:

- обзорно-поисковые работы, включающие в себя поиск и обследование затопленных объектов, контроль за подводными сооружениями и коммуникациями (кабели, газо- и нефте трубопроводы);

- геологоразведочные работы, в которые входят топографическая, а также фото и видеосъемку морского дна, акустическое профилирование и картографирование рельефа;

- океанографические исследования, мониторинг водной среды и биоресурсов. [1]

При проектировании первых опытных образцов подводных аппаратов стремились сделать их универсальными по назначению и работающими во всем диапазоне морских глубин. К сожалению, универсализация привела к увеличению габаритов, массы и стоимости технических средств. Поэтому ввели специализацию по выполняемым функциям и рабочим глубинам. Максимальная глубина погружения буксируемой системы и его функциональное назначение определяет его возможности, конструктивное исполнение, степень сложности аппаратуры управления, а также требования, предъявляемые к судну-носителю.

В настоящее время выделяют три группы:

- для малых глубин – до 600 м;
- средних глубин – до 2000 м;
- больших глубин – свыше 2000 м.

Буксируемые подводные аппараты (БПА) связаны с судном-носителем гибкой механической связью – тросом или кабель-тросом. Эта связь используется для управления глубиной погружения БПА, для передачи электроэнергии, управляющих и информационных сигналов на БПА. Непрерывное электроснабжение, поступающее с судна-носителя, использование оптоволоконна в линии связи позволяют повысить эффективность использования аппарата, увеличить рабочую глубину и время подводной работы. При использовании длинных тросов необходимо учитывать упругие, инерционные и демпфирующие свойства гибкой связи.

Изменение глубины погружения производится с помощью установленной на судне лебедки (спуско-подъемного устройства), на барабан которой намотан трос или кабель-трос. [2]

Буксируемые подводные аппараты относят к необитаемым подводным аппаратам (НПА). Среди существенных преимуществ этих аппаратов перед обитаемыми в качестве основных можно назвать следующие:

- безопасность для обслуживающего персонала;
- большее время непрерывной работы;
- проведение работ на больших глубинах;
- меньшая стоимость, возможность различной специализации.

Детальное гидроакустическое обследование поверхности, фото и видеосъемка требует точной стабилизации БПА над дном,

надежного отслеживания рельефа и обхода препятствий. Маневренные возможности буксировки при управлении со стороны БПА существенно ограничены наличием тяжелого кабель-троса. Введение в буксируемую систему промежуточного элемента или заглубителя позволяет сделать конечное звено буксируемой линии более гибким и легким. Основными техническими характеристиками буксируемых систем являются скорость буксировки и ширина полосы поиска. Наибольшая и наименьшая скорости буксировки определяется назначением буксируемой системы, а также прочностью конструкции ее элементов, мощностью энергетической установки судна и его управляемостью.

Для тросовой части буксируемой системы могут применяться как стальные канаты, так и неметаллические (органические или синтетические). В большинстве случаев используются стальные тросы. Неметаллические тросы используются в особых случаях, когда имеется ограничение по массе, влияние на аппаратуру. Буксирные канаты, как правило, имеют двойную крестовую свивку: проволоки в прядях свиты в одну сторону, а пряди в канате – в противоположную. Такая конструкция позволяет уменьшить крутящие моменты, возникающие при растяжении каната. [3]

В ряде случаев буксир должен обеспечивать не только механическую, но еще и электрическую связь между элементами буксируемой системы и аппаратурой, находящейся на судне-носителе.

С учетом различных условий работы к кабелям буксируемой системы предъявляются повышенные требования по герметичности при значительном гидростатическом давлении, по тепло-, масло- и влагостойкости, по прочности.

Токопроводящие жилы морских кабелей изготавливают из меди, изоляцию – из резины, поливинилхлоридного пластиката или полиэтилена, защитную оболочку – из маслобензостойкой, не распространяющей горения резины.

Буксирно-кабельная часть может быть изготовлена в виде буксирного троса с подвешенным к нему кабелем или грузонесущего кабеля как единой конструкции (кабель-троса). Достоинства отдельного типа буксирно-кабельной части заключается в том, что вибрация происходит с частотой значительно меньшей, чем при использовании кабель-троса. Однако процесс

постановки и выборки буксируемой системы из-за необходимости присоединения и отсоединения кабеля усложняется и затягивается. Кроме того, при буксировке на больших скоростях раздельная буксирно-кабельная конструкция оказывается недостаточно прочной. Поэтому в буксируемых системах целесообразнее применять кабель-тросы.

На сегодняшний день по-прежнему остаются актуальными некоторые вопросы, решение которых связано с применением буксируемых подводных аппаратов (БПА), соединенных кабель-тросом с судном-носителем. Системы с БПА характеризуются вертикальными колебаниями подводного аппарата, возникающими под действием морской качки и приводящими к ударам БПА о грунт. Наиболее опасным при этом является возникновение резонансных колебаний за счет совпадения частоты продольных колебаний в тросе с частотой морского волнения. Задача управления БПА осложняется тем, что некоторые физические параметры системы точно неизвестны или способны изменяться в процессе функционирования по заранее неизвестным законам в определенных пределах (параметры троса, параметры приводов лебедок, масса БПА). Поэтому актуальна разработка системы управления БПА, которая в условиях указанных выше параметрических возмущений должна демпфировать колебания БПА в режимах его спуска-подъема и стабилизации БПА вблизи морского дна. [4]

В настоящее время разработан модернизированный буксируемый подводный аппарат, подобный имеющемуся на кафедре. На рисунке 1 показана 3D – модель буксируемой гидроакустической системы. Техническое устройство, представляющее собой буксируемый подводный аппарат, состоит из двух отсеков, изготовленных в виде прочных полых корпусов, соединенных между собой промежуточным фланцем. Корпуса из толстостенного материала, обеспечивают защиту расположенных внутри них гидроакустических антенн и радиоэлектронных компонентов от механического воздействия. На двух торцах корпусов закреплены съемные обтекатели, уменьшающие сопротивление акустической системы с водой. В кормовом обтекателе расположен кабельный герметичный разъем-ввод

буксировочного кабель-троса. БПА имеет отсек для гидроакустических антенн и герметичного отсека для радиоэлектроники.

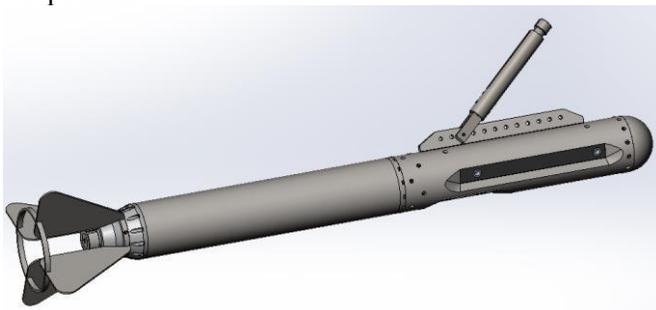


Рисунок 1 – 3D- модель буксируемой гидроакустической системы

Гидроакустическая система состоит из приёмо-передающих антенн (ППА), устройства управления режимами работы ППА, блока обработки, выдачи и сохранения полученных данных, выполненного на базе процессора со специальным программным обеспечением.

В отсеке для антенн по левому и правому борту закреплены две антенны гидролокатора бокового обзора (ГБО), а в нижней части корпуса расположена антенна эхолота. Современные акустические средства – ГБО и эхолот, установленные на аппарате, позволяют получать высококачественную информацию о рельефе дна и придонных объектах.

Акустические волны – единственный вид энергонесущих колебаний, способных распространяться в воде на большие расстояния. При этом они могут достаточно эффективно отражаться от неоднородности (естественных и искусственных) в толще воды и границ раздела морской среды: «вода-дно», «вода-поверхность». Этот физический феномен лежит в основе принципа действия различных гидроакустических систем.

Гидролокаторы бокового обзора (ГБО) применяются для поиска объектов, находящихся на морском дне и позволяют исследовать толщу воды.

Эхолот является гидроакустическим прибором, предназначенным для промера глубин, отображения профиля дна,

поиска и классификации различных объектов, а также для выполнения навигационных задач.

В буксируемом аппарате установлены разработанные и изготовленные на кафедре ЭГА и МТ антенна ГБО и эхолот. Ниже приведены основные электроакустические характеристики антенн, измеренные в гидроакустическом бассейне кафедры. Из рисунка 2 мы можем увидеть частотную зависимость полного сопротивления,  $Z$ , (кривая 1), и активной составляющей полного сопротивления,  $R_w$ , (кривая 2) антенны эхолота.

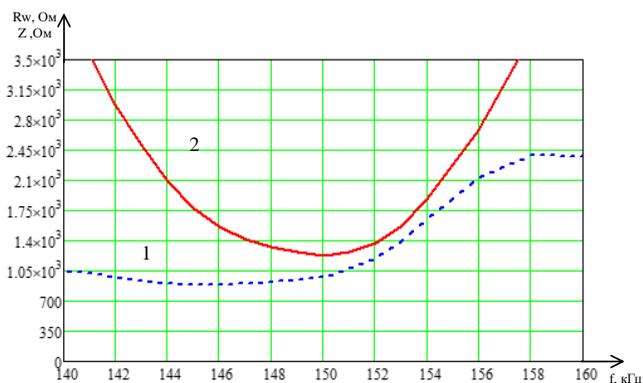


Рисунок 2 – Частотная зависимость полного сопротивления,  $Z$ , (кривая 1) и активной составляющей полного сопротивления,  $R_w$ , (кривая 2) антенны эхолота

На рисунке 3 изображена зависимость динамической емкости от частоты антенны эхолота.

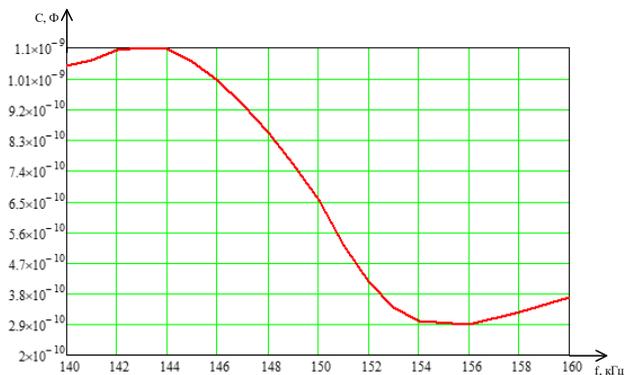


Рисунок 3 – Зависимость динамической емкости от частоты антенны эхолота

Рисунок 4 представляет диаграмму направленности эхолота.

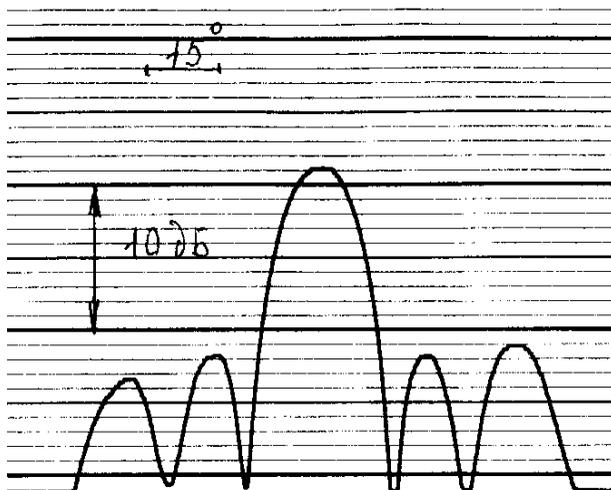


Рисунок 4 – Диаграмма направленности эхолота

По рисунку 5 можно судить о характеристике направленности антенны ГБО в вертикальной и горизонтальной плоскости.

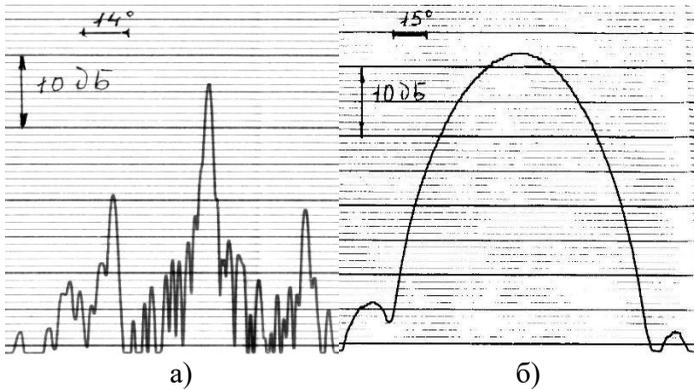


Рисунок 5 – Характеристика направленности антенны ГБО в вертикальной (а), и горизонтальной (б) плоскостях

На рисунке 6 показана частотная зависимость полного сопротивления,  $Z$ , (кривая 1), и активной составляющей полного сопротивления,  $R_w$ , (кривая 2) антенны ГБО.

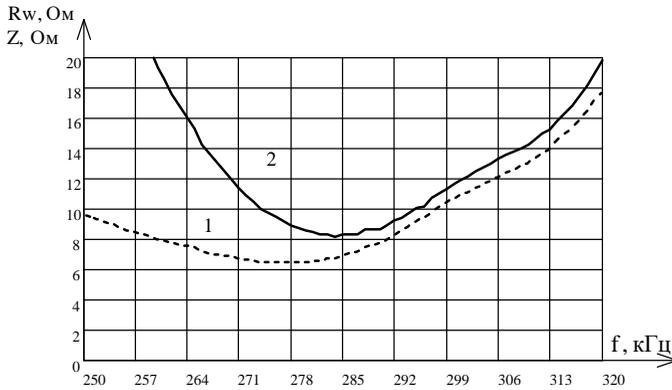


Рисунок 6 – Частотная зависимость полного сопротивления,  $Z$ , (кривая 1) и активной составляющей полного сопротивления,  $R_w$ , (кривая 2) антенны ГБО

Из рисунка 7 видна зависимость динамической емкости от частоты гидролокатора бокового обзора.

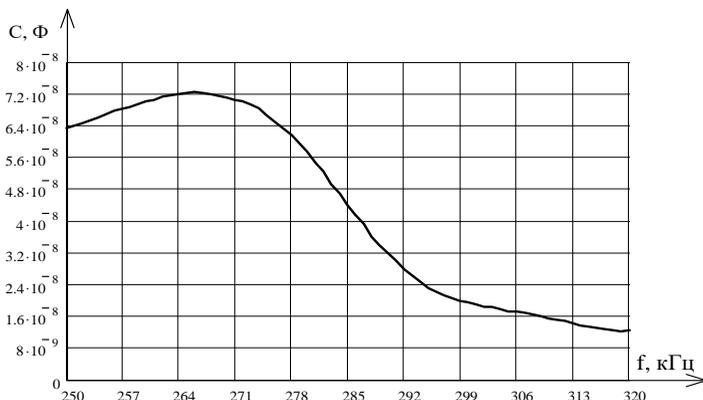


Рисунок 7 – Зависимость динамической емкости от частоты антенны ГБО (выводы 1 – (2+3))

Навигационные задачи, решаемые с помощью таких устройств, существенно шире задач, под падающих в практике под понятие «навигация», включая в себя:

- сопровождение: например, сопровождение подводного аппарата судном-базой вдоль трубопровода или вокруг платформы;
- позиционирование: например, установку водолазного колокола в заданном месте по отношению к рабочей зоне для сварочных или ремонтных работ;
- измерение: например, точное обследование морского дна и измерение расстояний между горизонтальными участками трубопроводов.

Ввод сигнальных жил кабель-троса выполнен в хвостовой части, кабельные вводы для приемных и излучающих антенн выполнены вблизи с приборами, все они герметичны и рассчитаны на погружение до глубины 500 м.

Уменьшение рысканий и дифферента решается с помощью хвостового стабилизатора, выполненного в виде широкополосного обода, соединенного с хвостовой частью цилиндрического корпуса пластинчатыми спицами.

На рисунке 8 представлена изготовленная на кафедре ЭГА и МТ буксируемая гидроакустическая система.



Рисунок 8 – Буксируемая гидроакустическая система

Стабилизация по крену (вращательное движение вокруг продольной оси) достигается за счет смещения центра тяжести буксируемого тела.

Ввиду того, что на БПА используют излучатели с узкими характеристиками направленности, то нейтрализация крена и рысканий БПА является определяющим фактором, при решении таких задач, как обнаружение и контроль заиленного трубопровода, оценка характеристик морского донного грунта, а также при проведении различных поисковых работ на подводных морских сооружениях.

Требования к точности стабилизации аппарата при его буксировке, как правило, определяются шириной характеристики направленности гидроакустического средства в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

При этом глубина погружения регулируется длиной кабель-троса, а траектория движения БПА по глубине и ориентация по рысканию и дифференту зависят от скорости буксировки, подводных течений и воздействия волнения моря на судно-буксировщик. [5]

Пульт управления буксируемым подводным аппаратом установлен на палубе судна буксировщика. В пульте управления расположен силовой блок, обеспечивающий преобразование электроэнергии и питание механизмов и оборудования буксируемого аппарата, блок электроники, персональный компьютер и органы управления. Специальное программное обеспечение, установленное на компьютер, позволяет получать максимум информации от гидроакустических данных. Качество и достоверность полученной с помощью гидроакустических приборов

информации зависит, прежде всего, от технических параметров самого гидроакустического прибора. Основными параметрами гидроакустических приборов и устройств является частота излучаемого акустического сигнала и угол обзора.

При выборе гидроакустических приборов особое внимание уделяется повышению основных характеристик: точности, степени автоматизации, надежности, срока службы. Немаловажным для разработчиков также являются вопросы снижения стоимости проектирования и эксплуатации систем данного типа.

Конструкция буксируемого аппарата является модульной и позволяет, при необходимости, изменить состав входящего оборудования, и заменить отдельные блоки (отсеки) аппарата.

Повышенный интерес к изучению внутренних водоёмов, морских и океанских просторов стимулирует появлению на рынке всё новых и новых гидроакустических приборов и устройств.

#### Библиографический список:

1. Интернет – источник:  
<http://geophyspoisk.com/methods/gidrolokatsiya> / Гидролокация бокового обзора (ГБО) / Дата обращения :18.08.2017 г.
2. Г.Е. Кувшинов, Л.А. Наумов, К.В. Чупина. Системы управления глубиной погружения буксируемых объектов: монография. Владивосток: Дальнаука, 2005. – 285 с.
3. Интернет – источник:  
<http://www.findpatent.ru/patent/241/2410280.html> / Подводная буксируемая поисковая система / Дата обращения :20.08.2017 г.
4. С.А. Гайворонский Управление буксируемым подводным аппаратом в условиях параметрических возмущений.
5. Интернет – источник:  
<http://www.freepatent.ru/patents/2463203> / Буксируемый подводный аппарат, оснащенный гидроакустической аппаратурой для обнаружения заиленных объектов и трубопроводов / Дата обращения :20.08.2017 г.

**Бондарева Елена Юрьевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники

и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: bondarevaelena67@gmail.com; г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, Студент

**Корнюкова Жанна Юрьевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: jeanne\_bond@mail.ru; г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, Аспирант

**Лукьянченко Анатолий Александрович**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: lukuanchenko\_a@mail.ru; г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, Магистрант

**Кожухова Мария Евгеньевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: mash\_TGN@mail.ru; г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, Аспирант

**Чоп Дмитрий Андреевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедры электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: chop.dmitriy@mail.ru; г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, Магистрант

УДК 621.3721.54; 534.222

**ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ГИДРОЛОКАТОРА  
ТРАВЕРЗНОГО ОБЗОРА С ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ  
РЕЖИМОМ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И  
ОЦЕНКИ РЫБНЫХ ЗАПАСОВ НА МЕЛКОВОДЬЕ**

*Пивнев П.П., Лукьянченко А.А.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: pivnevpp@sfedu.ru

Обсуждаются особенности применения и построения параметрических рыбопоисковых гидролокаторов траверзного

обзора для в условиях мелкого моря. Освещена необходимость построения рыбопоискового гидролокатора траверзного обзора для экологического природоохранного мониторинга мелководных водоемов. Представлена обобщенная структурная схема гидролокатора. Представлены результаты экспериментальных исследований.

Рыбопоисковый гидролокатор, траверзный обзор, параметрический гидролокатор.

## **THE SYSTEM OF INFORMATION TRANSFER IN THE SHALLOW SEA**

*Pivnev P.P., Luk'yanchenko A.A.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering  
e-mail: pivnevpp@sfedu.ru

Specific features of the application and construction of parametric fish search locomotives for the traversal survey for small-sea conditions are discussed. The need to build a fish search sonar for the traverse review for ecological environmental monitoring of shallow water bodies is highlighted. A generalized structural chart of the sonar is presented. The results of experimental studies are presented.

Fish search sonar, traversal survey, parametric sonar.

В нашей стране отсутствуют системы поиска, определения размеров рыбных скоплений и размерного ряда рыбы в мелководных районах (на глубинах от 1 метра) на больших расстояниях от судна (до 500-800 метров).

В настоящее время рыбопоисковый параметрический гидролокатор для мелководья, незаменим при экологическом природоохранном мониторинге мелководных водоемов, т.к. позволяет определять биомассу и размеры рыбы абсолютно экологически «чистыми» и безопасными для био-ихтиофауны акустическими технологиями.

Одной из главных проблем отечественного промышленного рыболовства является неэффективное и нерациональное использование национальных квот. В процессе лова отсутствует возможность определения размерного ряда рыбы и определения

видового состава, происходит вылов молоди, рыба выбрасывается за борт. Это происходит из-за недостаточной оснащенности рыболовецких судов поисковой гидроакустической аппаратурой.

Одними из наиболее перспективных вариантов поиска и распознавания рыбных скоплений на мелководье является использование рыбопоискового гидроакустического оборудования на основе нелинейного взаимодействия акустических волн (параметрического рыбопоискового гидролокатора).

Разработка и использование отечественного рыбопоискового параметрического гидролокатора с высокой разрешающей способностью для мелководья, станет реальным образцом бережного и эффективного использования национальных биоресурсов в интересах не только бизнеса, но и обеспечения продовольственной безопасности страны.

На кафедре электрогидроакустической и медицинской техники Института нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета совместно с ООО «НЕЛАКС» ведутся исследования по применению нелинейной гидроакустики в рыбопоисковой аппаратуре.

Преимуществом гидролокатора с параметрической излучающей антенной в мелком море является узконаправленное (без боковых лепестков в диаграмме направленности) широкополосное излучение. Широкополосность параметрического режима излучения позволит формировать сложные сигналы, что дает возможность увеличить дальность действия гидролокатора и повысить разрешающую способность по дальности.

Теоретические исследования задач параметрического излучения широкополосных сигналов проводились на основе решений уравнения Хохлова-Заболотской-Кузнецова.

На рисунке 1 представлена схема электрическая структурная разрабатываемого параметрического гидролокатора.

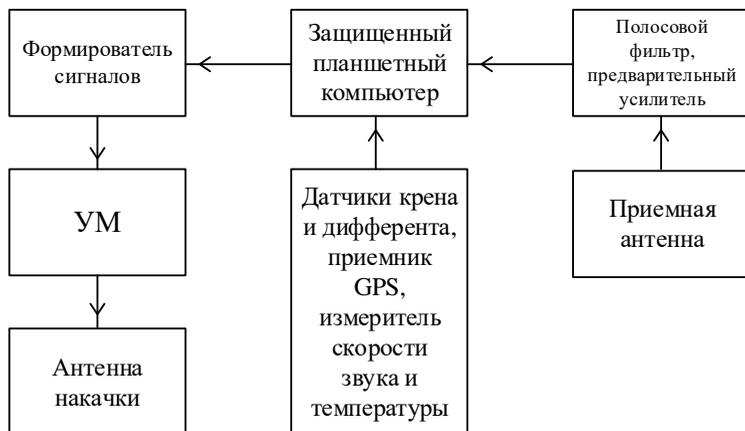


Рисунок 1 – Схема электрическая структурная рыбопоискового гидролокатора

Электронный блок гидролокатора предполагается выполнить в герметичном корпусе-кейсе со встроенным защищенным планшетным компьютером. В корпусе-кейсе будут размещены следующие блоки: формирователь сигналов, усилители мощности, полосовые фильтры и предварительный усилитель. За счет использования нелинейных эффектов антенна рыбопоискового гидролокатора имеет малые массо-габаритные характеристики, что позволяет устанавливать его даже на маломерных судах. Антенна рыбопоискового траверзного гидролокатора для мелководья должна иметь узкую диаграмму направленности в вертикальной плоскости (порядка 3-6 градусов) и широкую диаграмму направленности в горизонтальной плоскости (порядка 60-90 градусов). Безлепестковая диаграмма направленности параметрической антенны позволяет применять ее при траверсном обзоре в рыбопоисковых гидролокаторах в мелком море.

На рисунке 2 представлена эхограмма скопления хамсы в Черном море в режиме траверзного обзора, полученная с помощью разработанного макета параметрического гидролокатора.

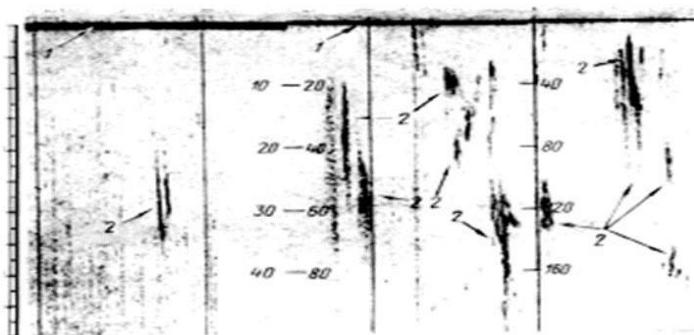


Рисунок 2 – Записи скоплений хамсы в Черном море в режиме траверзного обзора: 1 – поверхность, 2 – косяки

Параметрический рыбопоисковый гидролокатор позволяет решить важные задачи в экологических и природоохранных целях:

- поиск рыбных скоплений в стороне от судна на мелководье;
- определение размеров скоплений и видовой состав;
- определение размеров особей в скоплении.

Библиографический список:

1. Справочник по гидроакустике / Евтютов А.П., Колесников А.Е., Корепин Е.А. и др. – Л.: Судостроение, 1988. – 552 с.
2. Воронин В.А., Пивнев П.П., Тарасов С.П. Построение широкополосных и сверхширокополосных антенн гидроакустических поисковых средств. Труды XI Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – СПб.: Наука, 2012. – С. 108 – 111.
3. Воронин В.А., Тарасов С.П., Тимошенко В.И. Гидроакустические параметрические системы. – Ростов-на-Дону: Ростиздат. 2004. – 400 с.
4. Новиков Б.К., Руденко О.В., Тимошенко В.И. Нелинейная гидроакустика. Л.: Судостроение, 1981. – 264 с.
5. Воронин В.А., Кузнецов В.П., Мордвинов Б.Г., Тарасов С.П., Тимошенко В.И. Нелинейные и параметрические процессы в акустике океана. Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2007. – 448 с.
6. Тикунов А.И. Рыбопоисковые и электрорадионавигационные приборы. М.: Агропромиздат Год: 1985 – 432 с.

**Пивнев Петр Петрович**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: pivnevpp@sfedu.ru; 347922, г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2, корп. «Е»; тел.: 8(8634)371795; к.т.н.; доцент.

**Лукьянченко Анатолий Александрович**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: lukyanchenko\_a@mail.ru; г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2, корп. «Е», тел. 8(8634)37-17-95, Магистрант

УДК: 534.2

## **СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В МЕЛКОМ МОРЕ**

*Анищенко А.Е.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: scerry@mail.ru

Были проведены экспериментальные исследования по звукоподводной связи с использованием параметрической гидроакустической антенны в волноводе мелкого моря в различных гидрологических условиях, с использованием разных видов модуляции сигналов. Показана принципиальная возможность использования разностной частоты параметрической гидроакустической антенны для передачи сигналов звукоподводной связи, управление ей с помощью волн накачки для создания того или иного типа модуляции сигнала (амплитудного, фазового, частотного).

Звукоподводная связь, гидроакустика, параметрическая антенна.

## **THE SYSTEM OF INFORMATION TRANSFER IN THE SHALLOW SEA**

*Anishchenko A.Ye.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics  
and Equipment Engineering  
e-mail: scerry@mail.ru

Objective of this research – development of the new principles of sound underwater communication for use at long and ultralong ranges. In this article the made experiments on sound underwater connection with use of the parametric hydroacoustic antenna in a wave guide of the small-sized sea in different hydrological conditions, with use of different types of modulation of signals are considered. The basic possibility of use of the difference frequency of the parametric hydroacoustic antenna for signal transmission of sound underwater communication, control is shown it by means of pump waves for creation of this or that type of modulation of a signal (amplitude, phase, the frequency).

Sound underwater communication, hydroacoustics, parametrical antenna.

В современном мире бурно развивается освоение Мирового океана. Ведется строительство подводной инфраструктуры, промышленный поиск и добыча ископаемых на морском дне, освоение и использование биологических ресурсов океана, научные исследования геологии, гидрологии, комплексные работы по обеспечению экологической безопасности акваторий и т.д. Вследствие развития подводной техники, автономных неуправляемых и телеуправляемых подводных аппаратов, особую актуальность приобрела технология звукоподводной связи [1].

Такая связь используя гидроакустические волны может эффективно передавать информацию между подводными аппаратами, водолазами, и надводными объектами. В настоящее время распространены устройства связи, которые называются гидроакустическими модемами [2]. Используя различные виды модуляции высоких частот гидроакустических волн эти модемы достигли высокого уровня качества звукоподводной связи. Но именно использование высоких частот накладывает принципиальное ограничение на такой вид связи – сигналы гидроакустического модема быстро затухают и соответственно имеют ограниченный радиус действия – сотни и тысячи метров.

Вашему рассмотрению предлагается принципиально новый тип звукоподводной связи. Передача сигналов ведется параметрической гидроакустической антенной, с использованием свойств подводного волновода [3]. Как известно вследствие различной степени нагрева, солености и гидростатического

давления в толще воды образуются различные гидрологические условия от которых зависит скорость звука в воде [4].

Некоторые гидрологические условия создают благоприятные условия для распространения гидроакустических волн на дальние и сверхдальние расстояния. Используя параметрическую антенну, одним из полезных свойств которой является возможность формирования очень узкой диаграммы направленности сигнала, а также его низкочастотность (то есть он затухает намного медленней), мы можем значительно увеличить дистанцию передачи сигналов звукоподводной связи.

Принцип формирования сигналов следующий: излучатель состоит из преобразователя, генерирующего высокочастотные волны накачки, и участка водной среды, области взаимодействия. В результате нелинейного взаимодействия между волнами накачки образуется волна разностной частоты  $F = f_2 - f_1$ . Высокочастотные волны накачки затухают в пределах области взаимодействия, в то время как волна разностной частоты распространяется на значительные расстояния [5]. Амплитуда и фаза волны разностной частоты зависит от амплитуд и фаз волн накачки.

Экспериментальные исследования производились как в измерительном гидроакустическом бассейне, входящим в состав Уникальной научной установки "Имитационно-натурный гидроакустический комплекс", так и в акватории Таганрогского залива Азовского моря. Использовались различные виды модуляции сигналов – амплитудная, частотная, фазовая.

Летом 2017 года в акватории Таганрогского залива Азовского моря, при участии сотрудников кафедры электрогидроакустической и медицинской техники Южного федерального университета, а также сотрудников Акустического института имени ак. Андреева была проведена серия экспериментов по звукоподводной связи. В качестве излучателя использовалась параметрическая гидроакустическая антенна, размеры которой 435x235 мм, средняя частота накачки, 145 кГц, диапазон разностных (рабочих) частот 5-25 кГц, мощность излучения и длительность импульсов 3 кВт и 10 мс соответственно.

На рисунке 1 приведен график частотно модулированного сигнала, переданного на расстояние 1000 м. Один бит информации кодировался частотами 10 и 15 кГц, длительность бита при этом

составляла 0.2мс. Расстояние между излучателем и приемником составляло 1000 м. На графике показаны осциллограмма принятого сигнала и сигнал на выходе частотного демодулятора.

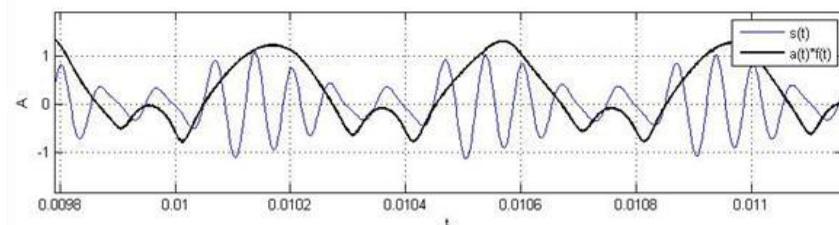


Рисунок 1 – График частотно-модулированного сигнала

Проведенные экспериментальные исследования показали принципиальную возможность использования параметрической антенны для передачи сигналов звукоподводной связи в волноводе мелкого моря. Особенностью параметрической антенны является малое время переходного процесса при изменении амплитуды или фазы по сравнению с длиной волны.

Исследования проводились при поддержке грантов РФФИ 16-29-02003, 17-02-00434 и 17-52-40009.

#### Библиографический список:

1. Кранц, В. З., Сечин В. В. О повышении скорости передачи системы связи со сложными сигналами в условиях многолучевого распространения. Материалы конференций «Гидроакустическая связь и гидроакустические средства аварийно-спасательного назначения» – 2007.

2. Вершинин А. С. Сравнительный анализ гидроакустических модемов. «Молодой учёный». № 12 (92). Май, 2015 г. с. 156

3. И. Б. Есипов, С. П. Тарасов, В. Л. Чулков. Параметрическая гидроакустическая антенна – перспективный инструмент для мониторинга океана на протяженных трассах. Фундаментальная и прикладная гидрофизика, 2014. Т. 7, № 2.

4. Бабий В.И. Скорость звука как связующее звено гидрофизики и гидроакустики // Проблемы, методы и средства исследований Мирового океана: сб. докладов второй

международной научно-практической конференции / НАН Украины, Научно-технический центр панорамных акустических систем. – Запорожье, 2008. – 113 – 121 с.

5. Воронин В. А., Кузнецов В. П., Мордвинов Б. Г., Тарасов С. П., Тимошенко В. И. Нелинейные и параметрические процессы в акустике океана. Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2007. 448 с.

**Анищенко Александр Евгеньевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: scerry@mail.ru; г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, Аспирант

## ***Секция 2: Окружающая среда и здоровье людей***

УДК 616.12-008.3-073.93

### **ВИЗИОГРАФ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ В СТОМАТОЛОГИИ**

*Белых Н.И., Снесарев С.С.*

Южный федеральный университет

e-mail: trti.ega305@mail.ru

Экологическое состояние окружающей среды оказывает большое влияние на здоровье человека. В то время как состояние зубов и полости рта, является одним из важных критериев оценки организма в целом.

Заболевания полости рта достаточно широко распространены среди населения и требуют своевременной профилактики, диагностики и лечения. Все это немыслимо без современной медицинской техники, которая позволяет врачу оперативно и качественно поставить диагноз, принять решение о дальнейшем лечении.

В данной статье дан краткий перечень современной аппаратуры, применяемой в стоматологии, приведено описание и принцип работы визиографа, позволяющего врачу визуально определить состояние зуба.

Стоматология, экология, здоровье, лечение, диагностика, визиограф.

### **VIZIOGRAPH AND ITS APPLICATION FOR DIAGNOSTICS IN DENTISTRY**

*Belykh N.I., Snesarev S.S.*

Southern Federal University

e-mail: trti.ega305@mail.ru

Ecological state of the environment has a great influence on human health. While the condition of the teeth and oral cavity, is one of the important criteria for the evaluation of the organism as a whole.

Diseases of the oral cavity are widespread among the population and require timely prevention, diagnosis and treatment. All this is

impossible without modern medical equipment which allows the physician to quickly and efficiently make a diagnosis, to decide on further treatment.

This article gives a brief list of modern equipment used in dentistry, the principle of the ray, allowing the doctor to visually determine the condition of the tooth.

Dentistry, ecology, health, treatment, diagnosis, ray.

Один из важнейших факторов, оказывающий влияние на здоровье человека это – экология, состояние окружающей среды. Здоровье человека напрямую зависит от состояния зубов человека, которые также подвержены влиянию экологической среды. Давайте посмотрим, какие же экологические составляющие в современном мире приводят к ухудшению здоровья наших зубов.

- вода и напитки. Переизбыток или недостаток фтора, находящегося в воде, приводит к разрушению эмали. Кофе, чай и большинство темных газированных напитков содержат вещества, способствующие выведению из организма, поступившего с пищей кальция, калия, фосфора и других веществ. Со временем организм начинает восполнять их недостаток за счет кальция, содержащегося в костях и зубах, что приводит к усилению кариозных процессов в полости рта.

- питание. Употребление сладкого разрушает эмаль и расположенный под ней дентин. Вследствие этого образуются микроскопические трещины, в которые попадают различные бактерии и микробы. Они, в свою очередь, провоцируют образование кариозного поражения.

- курение. Воспалительные процессы, вызванные воздействием табачного дыма, приводят к развитию патологий десен, кровообращение в них нарушается, слизистая атрофируется, десна начинают кровоточить и воспаляться. Образуется зубной камень, развивается гингивит, пародонтит.

- алкоголь. При злоупотреблении алкоголем, зубы теряют свой внешний вид и иммунитет к заболеваниям. Под действием алкоголя из организма вымывается кальций – основополагающий элемент, отвечающий за прочность зубов, что не только вредит здоровью зубов, но и плохо сказывается на работе желудка [1].

• лекарственные препараты влияют на слюноотделение, состав и pH ротовой жидкости; способствуют гипертрофии тканей пародонта; влияют на местный иммунитет; на слизистую оболочку полости рта; вызывают аллергические реакции в полости рта; изменяют вкусовую чувствительность.

Для предупреждения вышеуказанных негативных последствий необходима своевременная диагностика состояния зубов [5].

В настоящее время в стоматологических кабинетах для лечения и своевременного выявления заболеваний используются следующая аппаратура: эндомоторы, позволяющие проводить очистку канала корневого зуба; апекскакторы, которые применяются в эндодонтии с целью определения положения апикального сужения, что даёт возможность определить длину канала корня зуба; УЗЧ, применяемая для снятия зубных отложений/камней; визиограф, применяемый для диагностики и т.д.

Прицельный снимок или рентген – один из наиболее распространенных и доступных методов диагностики состояния зубов, в том числе и их внутренних полостей, и окружающих тканей, увидеть которые невооруженным взглядом невозможно. Рентген позволяет создать лишь плоское изображение тканей в одной проекции, но чаще всего этого достаточно для определения состояния внутренних тканей зуба и расположенных вокруг него. Современный вариант рентген-аппарата – визиограф имеет ряд преимуществ:

1. Низкая доза радиоактивного излучения.
2. Высокое разрешение изображения, в сравнении с пленочным рентгеновским снимком.
3. Возможность просмотреть снимок на компьютере более детально (цифровые технологии позволяют это сделать).
4. Малые габариты датчика. Датчик невелик и легко помещается во рту пациента, не вызывая неудобства.
5. Не требуется дополнительное время на проявление снимков.
6. Утилизация химических отходов не нужна, цифровые технологии никак не затрагивают окружающую среду.

Визиограф – это цифровая рентгенографическая система, разработанная специально для рентгенографии зубов внутри

ротовой полости. Состоит он из трех частей – сенсора, аналого-цифрового преобразователя (далее – АЦП) и шнура, который их соединяет. Главными компонентами рентгенографии являются: источник рентгеновских лучей, внутриротовой сенсор, оцифровывающее устройство и компьютер. Дополнительным устройством, обеспечивающим простое, эффективное и комфортное проведение цифрового рентгенографического исследования зубов, является позиционер.

Внутриротовой сенсор чаще всего используемый в цифровых системах, соединен кабелем с компьютером, который обрабатывает генерированный рентгеновским излучением сигнал. Сенсор представляет из себя силиконовый чип, чаще всего на основе ССD матрицы (Charge Coupled Devise), который фиксирует поступающий сигнал и передает его на АЦП.

Прошедшая через АЦП информация представляет собой исходное цифровое изображение, которое обрабатывается с помощью специальной компьютерной программы, и в результате на экране монитора появляется автоматически преобразованное изображение, соответствующее понятию "цифровая рентгенограмма" [4].

Оцифровывающее устройство преобразует сигнал, поступивший с сенсорного датчика показано на рис. 1.



Рисунок 1 – Схема преобразования невидимого рентгеновского излучения в видимый свет

Компьютер обрабатывает и хранит информацию, полученную от оцифровывающего блока. Изображение может быть представлено на мониторе компьютера через 1-2 сек., т.е. за значительно меньшее время, чем при химической обработке пленки. Скорость получения изображения особенно важна, например, при измерении рабочей длины зуба [2].

Отличительные особенности визиографа:

- определение визиографом реальной дозовой нагрузки на пациента в мкЗв и точного фактического времени экспозиции рентгеном с отображением на снимке и хранением в базе данных;

- 16384 оттенков серого в изображении (обычно 4096) делают более «читаемыми» самые слабоконтрастные участки изображений, получаемых визиографом;

- программная настройка чувствительности сенсора визиографа к рентгену обеспечивает надежную работу с портативными мало дозовыми рентген аппаратами (сенсоры других визиографов могут не срабатывать), а также высокую помехозащищенность при сильных электрических помехах [3].

Техника получения снимка представлена на рис. 2. Приемник изображения (сенсор) располагаются под острым углом к оси зуба, образуя с ним треугольник. К биссектрисе этого угла под прямым углом должен быть направлен центральный рентгеновский луч.

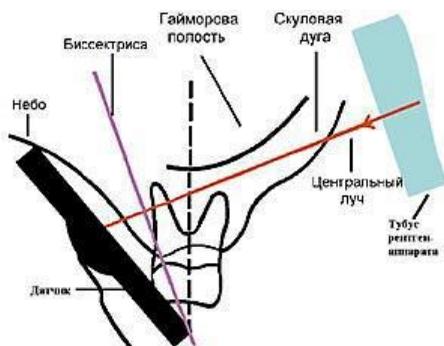


Рисунок 2 – Биссектрисная техника внутриротовой рентгенографии

Эта техника снимка называется еще изометрической, потому что длина зуба – сторона равнобедренного треугольника равна длине его изображения – другой стороне равнобедренного

треугольника, согласно правилу Цешинского. Так как на практике этот треугольник почти всегда неравносторонний, следует учитывать, помимо искажений изображения, искажения длины зуба. Характер искажений всегда типичный, и он используется для ориентации в анатомических деталях.

Основные условия для соблюдения безопасности при работе с рентгеновскими аппаратами:

- кожно-фокусное расстояние, т. е. расстояние от источника излучения до объекта (поверхности кожи пациента) не должно быть менее 5 см;
- снижение количества мягкого рентгеновского излучения (низкоэнергетичных фотонов малой проникающей способности) остающегося в пучке после фильтрации;
- уменьшение площади облучения тканей объекта;
- минимальное время экспозиции, необходимое для достижения оптической плотности [4].

В данной статье проведен обзор диагностической аппаратуры применяемой в стоматологии, подробно описано устройство и принцип работы визиографа, показаны преимущества визиографа перед обычным рентген аппаратом. Визиограф значительно экологичней и безопаснее для здоровья человека, чем обычный рентген аппарат, т.к. имеет низкую дозу радиактивного излучения и не требуется утилизация химических отходов.

#### Библиографический список:

1. А.Ж. Петрикас, А.П.Овсебян, А.Н. Малинин, В.Ю. Доманский, А.А. Бондаренко, В.П. Бутков. Дентальная цифровая параллельная рентгенография. КЛИНИЧЕСКАЯ СТОМАТОЛОГИЯ. №4, 2002 г. URL: <http://www.kstom.ru/>.

2. А.Ж. Петрикас, А.Н.Малинин. Внутриротовые рентгеновские аппараты. Вчера и сегодня. Маэстро стоматологии. № 6, 2002. URL: <http://www.e-stomatology.ru/prensa/periodika/maestro/>.

3. Будьте здоровы. Как состояние зубов влияет на здоровье. [электронный ресурс] URL: <http://budtezdorovy.net/2014/06/kak-sostoyanie-zubov-vliyaet-na-zdorove.html>. Дата обращения: 15.06.2017.

4. Лучевая безопасность в радиовизиографии. [электронный ресурс] URL: <http://www.dentomat.ru/page44/>. Дата обращения: 10.07.2017.

5. Здоровье зубов. Факторы, улучшающие здоровье зубов. [электронный ресурс] URL: <http://heaclub.ru/zdorove-zubov-factory-uluchshayushhie-zdorove-zubov>. Дата обращения: 10.07.2017.

**Белых Надежда Ивановна**, ФГАОУ ВО «Южный Федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедры Электрогидроакустики и медицинской техники; e-mail: [belyh.nadezhda2018@yandex.ru](mailto:belyh.nadezhda2018@yandex.ru); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, Студент.

**Снесарев Сергей Стефанович**, ФГАОУ ВО «Южный Федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедры Электрогидроакустики и медицинской техники; e-mail: [trti.ega305@mail.ru](mailto:trti.ega305@mail.ru); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, Старший преподаватель.

УДК 616.12-008.3-073.96

## **К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА**

*Пушкарная А.С., Вишневецкий В.Ю.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: [pushckarnaya.anastasia@yandex.ru](mailto:pushckarnaya.anastasia@yandex.ru)

Все лечебно-профилактические учреждения, предоставляющее пациенту качественные медицинские услуги, эксплуатирует разнообразную медицинскую технику. Одним из методов обследования человеческого тела является электрокардиография, суть которой заключается в исследовании электрических полей, образующихся при работе сердца. Она представляет собой относительно недорогой, но ценный метод электрофизиологической инструментальной диагностики в кардиологии.

Электрокардиограмма является ценным диагностическим инструментом. По ней можно оценить источник ритма,

регулярность сердечных сокращений, их частоту. Все это имеет большое значение для диагностики различных аритмий.

Важным аспектом работы электрокардиографа является его своевременная поверка. Рассмотрены особенности процедур поверки при разных методиках.

Электрокардиограф, кардиографические электроды, отведение, поверка, средства измерения, безопасность.

## **TO THE QUESTION OF ESTIMATION OF THE BASIC CHARACTERISTICS OF THE ELECTROCARDIOGRAPH**

*Pushkarnaya A.S., Vishnevetsky V.Yu.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering

e-mail: pushkarnaya.anastasia@yandex.ru

All medical and preventive institutions, providing the patient with quality medical services, exploit a variety of medical equipment. One of the methods of studying the human body is electrocardiography, the idea of which is this: It is an inexpensive but valuable method of electrophysiological instrumental diagnostics in cardiology.

An electrocardiogram is a valuable diagnostic tool. It can be used to estimate the source of the rhythm, the regularity of the heartbeats, and their frequency. All this is of great importance for the diagnosis of various arrhythmias.

An important aspect of the work of the electrocardiograph is its timely verification. The features of verification procedures for different techniques are considered.

Electrocardiograph, cardiographic electrodes, lead, verification, measuring instruments, safety.

После открытия электрических процессов в сердце живого существа англичанин А. Уоллер создал, так называемый ЭКГ аппарат, позволяющий регистрировать электрические потенциалы. После усовершенствования прибором можно было записывать сигналы с поверхности тела человека. Именно Уоллеру первому удалось записать электрические данные работы сердца человека. Он стал основоположником основных понятий электрокардиологии,

первым выявил разнополярность электрических зарядов в тканях миокарда и придумал понятие ось сердца.

Последователь в деле электрокардиографии Уоллера, В. Эйтнховен вывел созданный им ЭКГ аппарат в массы, то есть в широкую медицинскую практику. Семь лет не покладая рук Эйтнховен трудился над своим детищем, и применив гальванометр от Д.Швейнгера, создал первый, настоящий электрокардиограф.

В дело электрокардиографии серьезный вклад внесли еще Гольдбергер и Вильсон. Они предложили добавить в методику дополнительные отведения. Так и сформировалась привычна сегодня система ЭКГ отведений.

Рассмотрим устройство на конкретном примере ЭК1Т-03М – одноканального электрокардиографа, 3-го класса точности.

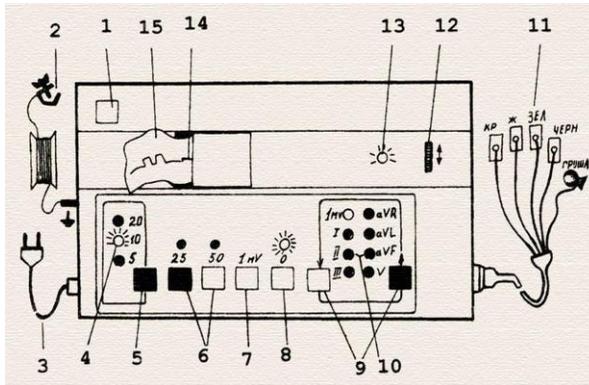


Рисунок 1 – Устройство электрокардиографа ЭК1Т-03М

- 1 – включение питания;
- 2 – провод заземления с зажимом;
- 3 – шнур питания;
- 4 – индикаторы установки милливольт;
- 5 – переключатель установки милливольт;
- 6 – кнопки включения и выключения движения ленты для скорости 25 и 50 мм;
- 7 – кнопка записи милливольт;
- 8 – кнопка успокоителя пера;
- 9 – переключатели отведений;
- 10 – индикаторы включения отведений;

- 11 – электроды;
- 12 – регулятор положения пера;
- 13 – индикатор включения сети;
- 14 – перо;
- 15 – бумажная лента.

Электрокардиограмма, снятая на данном аппарате, будет выглядеть следующим образом:

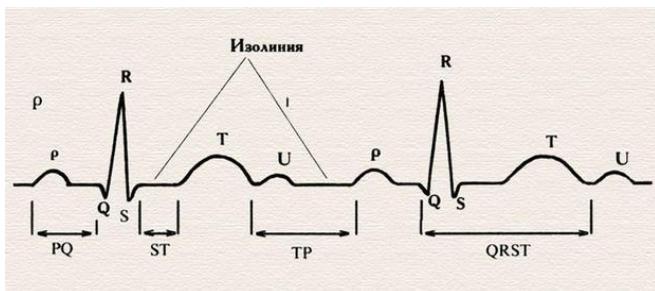


Рисунок 2 – Пример электрокардиограммы

Формирование электрокардиограммы:

Любая ЭКГ состоит из нескольких зубцов, интервалов и сегментов, отражающих процесс распространения волны возбуждения по сердцу. Зубец P соответствует сокращениям правого и левого предсердий. Интервал P–Q(R) измеряется от начала зубца P до начала комплекса QRS (зубца Q или R). Он отражает продолжительность проведения импульса возбуждения по предсердиям, атрио-вентрикулярному-узлу, пучку Гиса до желудочков.

От электрокардиографа идут провода к электродам («кабель пациента»), которые накладывают в определенных точках на обследуемого. Кожа пациента в точках наложения электродов обрабатывается ватой, смоченной в спирте. Электроды смазывают электропроводящей пастой или применяют в качестве прокладок кусочки марли, смоченные изотоническим раствором хлорида натрия.

Перед проведением исследования медицинская сестра должна убедиться в исправности электрокардиографа, электродов, отсутствии обрыва проводов, наличии необходимого количества бумаги в приборе.

При работе с электрокардиографом необходимо помнить о технике безопасности: заземлять прибор, металлическую кушетку, на которой находится больной, не проводить процедуру при наличии на проводах оголений, нахождении электродов в непосредственной близости от электропроводки либо любых других кабелей, получающих в данный момент питание от сети.

После проведения исследования с кожи больного удаляют электродную пасту, вытирая насухо салфеткой, а электроды промывают мягкой щеткой с мылом под струей теплой воды.

Принцип действия электрокардиографа основан на снятии, с помощью электродов, исследуемых биопотенциалов сердца пациента, преобразовании их в амплитудно-модулированную (электрокардиографическим сигналом) последовательность импульсов с последующим ее усилением, дешифрированием, в соответствии с выбранной программой исследования, восстановлением, дополнительным усилением и регистрацией с помощью термопечатающего устройства.

Необходимость поверки обусловлена возможностью утраты измерительным средством метрологических показателей из-за временных и других воздействий. Периодичность поверки зависит от временной нестабильности метрологических характеристик (метрологической надежности), интенсивности эксплуатации и важности результатов, получаемых с помощью средств измерений.

Под поверкой средств измерения понимается установление органом метрологической службы (или другим официально уполномоченным органом, организацией) пригодности средств измерения к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия обязательным требованиям. Поверка должна проводиться с использованием ГОСТа ИЕС 60601-2-51-2011. Областью и условием применения являются требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к регистрирующим и анализирующим одноканальным и многоканальным электрокардиографам, определенным в 2.101, 2.111, 2.117, 2.123 и 2.126, как требующих, так и не требующих обслуживающего персонала

Не стоит забывать о простых правилах безопасности, таких как запрет на:

1. Использование неисправного оборудования и устройства без заземления;
2. Открывание кожуха оборудования, которое находится под напряжением;
3. Оставление работающего аппарата без наблюдения;
4. Смену бумаги при работающем устройстве;
5. Одновременное касание до техники и до пациента;
6. Прикасание пациента с электродами к включенному устройству.

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

1. Температура окружающего воздуха ( $20 \pm 5$ )° С;
2. Атмосферное давление от 97,3 до 105,3 кПа (от 730 до 790 мм. рт. ст.);
3. Относительная влажность воздуха ( $65 + 15$ )%;
4. Напряжение питающей сети ( $220 \pm 4,4$ ) В;
5. Частота питающей сети ( $50 \pm 0,5$ ) Гц;
6. На рабочем месте для уменьшения электромагнитных помех удаляются сетевые кабели и шнуры приборов от схемы проверки и входных цепей ЭК на расстояние не менее 1 м;
7. Нужно удалить от рабочего места источники электромагнитных помех, влияющих на работу ЭК и средств поверки.

Подготовка к поверке

Перед поверкой электрокардиографа выполняются следующие действия:

1. Проверка наличия свидетельств о поверке или оттисков поверительных клейм на средствах поверки;
2. Ознакомление с формуляром и руководством по эксплуатации ЭК;
3. Подготовка к работе поверяемый ЭК и средства поверки согласно эксплуатационной документации;
4. Заземление электрокардиографа.

При определении метрологических характеристик устанавливаются следующие режимы работы ЭК (если иные не оговорены):

1. Питание от сети переменного тока;
2. Отведение I;

3. Чувствительность 10 мм/мВ;
4. Скорость движения носителя записи 25 мм/с;
5. Успокоение выключено.

#### Проведение поверки

Если говорить о проверке медицинского оборудования, а именно такого, как электрокардиограф, то здесь задачи решаются тремя основными методиками, для которых характерен свой набор инструментальных средств. Для поверки прибора используется комплект из таких приспособлений, как: мост сопротивления; источник калибровочного напряжения; генератор сигналов специальной формы; частотомер; вольтметр; осциллограф.

Кроме того, современные модели электрокардиографов могут формировать специальные паттерны сигналов ЭКГ больного или здорового человека, поэтому поверке подлежит также и программная часть аппарата. Это необходимо для того, чтобы исключить возможность пропусков патологий, а также дачи ложных заключений после обследований человека.

Второй подход предполагает использование комплекса РХИ совместно с приложениями LabView, что повышает автоматизацию процесса, поскольку оборудование заменяет функционал описанных выше приборов. В таком случае поверка медицинского оборудования проходит с использованием приборов, которые весят не более 7-8 килограмм и занимают минимальное пространство.

В третьей ситуации поверка происходит с использованием малогабаритного цифрового генератора, который имеет малые габариты и вес до 3 килограмм. Такой генератор позволяет создавать сигналы треугольной, прямоугольной и синусоидальной формы, а также биологические сигналы, такие как ЭМГ, ЭКГ, ЭЭГ и т.д. Набора этих калибровочных сигналов вполне достаточно для поверки аппарата ЭКГ. В памяти прибора хранится цифровой аналог ЭКГ сигнала. Интерфейс у таких генераторов является интуитивным, поэтому для начала процедуры поверки и выбора оптимального режима работы потребуется немного времени. Мобильность генератора позволяет не привозить электрокардиограф в другое место, а проводить проверку в месте его расположения.

Сравнение трех этих подходов показывает, что наиболее подходящим для первичной поверки медицинского оборудования

является применение платформы PX1. Если необходимо проводить периодическую поверку оборудования в самом медучреждении с минимальными затратами, то наиболее оптимален третий подход – использование специального генератора с малыми габаритами.

Успех деятельности медицинского учреждения во многом зависит от своевременности проведения технического обслуживания, а также постоянной поддержки работоспособности оборудования. Не обходятся без электрокардиографа реанимационные службы, бригады неотложной медицинской помощи, сотрудники службы спасения, спортивные врачи, представители других профессий, чья деятельность сопряжена с повышенными физическими и нервными нагрузками. Поэтому никогда не стоит забывать о своевременной поверке аппарата и о правилах работы с ним. В противном случае это может привести не только к неправильным результатам исследования, но и нанести пациенту несоизмеримые с жизнью травмы.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что поверка медицинского оборудования будет для медучреждения наиболее удобной, если в процессе ее выполнения будут применяться современные медицинские диагностические системы, которые отличаются гибкостью аппаратно-программных возможностей и ориентированностью на максимальное повторение паттернов реальных сигналов, обладающих продвинутыми возможностями фиксации всего процесса поверки. Именно в этом направлении и развивается разработка тестовых аппаратно-программных комплексов, которые будут соответствовать всем потребностям медицины. Создание таких комплексов является дорогостоящим, однако, в силу практического удобства и многочисленных преимуществ перед другими методиками, их производство быстро окупается.

### Библиографический список:

1. ГОСТ ИЕС 60601-2-51-2011. Изделия медицинские электрические. Часть 2-51. Частные требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к регистрирующим и анализирующим одноканальным и многоканальным электрокардиографам.

2. Орлов В.Н. Руководство по электрокардиографии. 9-е издание, исправленное: книга, медицинское информационное агентство Москва, 2017.

3. Государственная система обеспечения единства измерений. Электрокардиографы, электрокардиоскопы и электрокардиоанализаторы. Методика поверки. Издание официальное. Москва Стандартиформ, 2013.

4. Налетова А.М., Электрокардиографы и их поверка, конспект лекций. Москва, 1997.

5. Интернет-источник – <http://serdec.ru/diagnostika/tehnika-snyatiya-ekg> – «Техника снятия ЭКГ» [01.09.2017].

**Пушкарная Анастасия Сергеевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: pushckarnaya.anastasia@yandex.ru; г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2, корп. «Е», тел. 8(8634)37-17-95, студентка.

**Вишневецкий Вячеслав Юрьевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: vuvishnevetsky@sfnpu.ru; г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2, корп. «Е», тел. 8(8634)37-17-95, к.т.н., доцент.

УДК 66.067.8.081.3

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ БАССЕЙНОВ АКУСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ДАТЧИКОВ**

*Акименко О.Б., Чернов Н.Н.*

Южный федеральный университет  
e-mail: nnchernov@sfnpu.ru

В статье описаны основные цели мониторинга и приоритетная задача. Также описывается акустический метод мониторинга с применением широкополосного датчика. Данный метод предполагает изучение широкополосного сигнала, его отражение и прием. В результате чего можно выявить коэффициент отражения в

водной среде, что позволяет измерить акустические характеристики водных бассейнов, такие как: акустическое(волновое) сопротивление, а так же присутствие в воде пузырьков газа и др.

Мониторинг, задачи мониторинга, исследование водных бассейнов, широкополосные датчики.

## **IMPROVEMENT OF EFFICIENCY OF MONITORING WATER BASINS BY ACOUSTIC METHODS USING BROADBAND SENSORS**

*Akimenko O.B., Chernov N.N.*

Southern Federal University

e-mail: nnchernov@sfnu.ru

The article describes the main monitoring objectives and the priority task. An acoustic monitoring method using a broadband sensor is also described. This method involves studying the broadband signal, its reflection and reception. As a result, the coefficient of reflection in the aquatic environment can be determined. This method allows you to measure the acoustic characteristics of water basins, such as: acoustic (wave) resistance, the presence of gas bubbles in water, etc.

Monitoring, monitoring tasks, study of water basins, broadband sensors.

Информация, необходимая и достаточная для оценки состояния водных объектов формируется на основе их мониторинга [1]. Глубина экспертного анализа и тематическое разнообразие привлекаемой информации при реализации мониторинга требуют организации сбора, обработки и обобщения большого объема документальной информации, получаемых от различных органов исполнительной власти. Приоритетной задачей мониторинга является получение данных о состоянии водных бассейнов для их последующей обработки. Основными целями мониторинга являются [3]:

1. Своевременное выявление и прогнозирование развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние, разработка и реализация мер по предотвращению негативных последствий этих процессов;

2. Оценка эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов;

3. Информационное обеспечение управления в области использования и охраны водных объектов, в том числе в целях государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов.

Использование нескольких методов для определения одной характеристики водоема помимо положительных эффектов (проверка адекватности полученных результатов, а так же, повышение их точности) имеются и недостатки: повышение сложности и трудоемкости выполняемых работ, высокая стоимость выполняемых работ и обслуживания оборудования, увеличение времени получения результатов исследований.

Для проведения экологического мониторинга водных бассейнов используют акустические методы [7]. Один из вариантов использования предполагает изучение широкополосного сигнала, его отражение и прием. Принятый сигнал, полученный суммированием с сигналом, отраженным от образца звукопоглощающей конструкции и с многочисленными ложными отражениями от стенок, подвергают временной компрессии. Временное сжатие сигнала выполняется с использованием дисперсионной задержки принимаемого сигнала с последующей коррекцией его фазового спектра. При этом непрерывные сигналы приобретают форму импульсных сигналов, из которых стробированием выделяют импульсный акустический сигнал, отраженный от образца звукопоглощающей конструкции. Затем осуществляют восстановление отраженного сигнала путем обратной фазовой коррекции. Для определения акустических частотных характеристик образца выполняют спектральный анализ выделенного сигнала [2,3]. Устройство содержит генератор сигнала, излучатель, размещенный в бассейне вместе с исследуемым образцом, приемник. Также устройство содержит блок дисперсионной задержки, блок селекции, блок восстановления сигнала, вычислительное устройство, регистратор. Технический результат – обеспечение единовременного измерения коэффициента отражения в низкочастотном диапазоне [8]. Используется данный метод при измерении акустических характеристик в водных

бассейнах, когда помехами являются отражение от поверхности раздела двух сред: границы «вода-воздух», границы «вода-дно».

Сущность способа сводится к следующим основным пунктам [10]:

- 1) формирование и излучение зондирующего сигнала;
- 2) синхронный прием с излучаемым сигналом смеси полезного сигнала и помехи – суммарного принимаемого сигнала;
- 3) выделение сигнала, отраженного от образца материала, из смеси с помехой путем временной селекции;
- 4) расчет акустической частотной характеристики образца материала по результатам измерений на различных частотах.

В результате можно выделить основные преимущества использования широкополосного сигнала [6]:

- метод, использующий данный сигнал обладает высокой помехоустойчивостью, вследствие широкой частотной полосы сигнала и длительного времени излучения. Энергия излучаемого сигнала на несколько порядков выше, чем энергия излучаемого импульса при других измерениях.

- использование спектральной обработки сигнала, предполагает выигрыш в соотношении сигнал/шум, то есть при увеличении базы сигнала можно подавить шумы.

#### Библиографический список:

1. Корнеев П.В., Способы повышения эффективности мониторинга водных объектов на примере измерения уровня воды в водоемах / П.В.Корнеев, С.Ю. Лозовая Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 12-2. – С. 273-277;

2. Ширякин В.Г С.А. Первичные измерительные преобразователи переменных температур водной среды. Всесоюзная конференция "Метрология гидрофизических измерений"/, В.Г.Ширякин, В.К. Зеленюк, Л.А. Александрова , М.Кочарян.1980,с. 19-21.

3. Кофман Л.Ю. Исследование методов и разработка средств измерений температуры для вертикальных зондирований морской среды. Диссертация на соискание уч.степени к.т.н., ВНИИМ./ Л.Ю. Кофман. Л., 1978г.

4. Калашников П.А. Первичная обработка гидрологической информации. Л. Гидрометеиздат, /П.А. Калашников.1985,246 с.

5. Rroebel Werner, Anordnung zur direkten hochprezisen Temperaturmessung durch extrem niederomige Messwiderstande.

6. Мазур И.И., Инженерная экология Общий курс: В 2 т. Т.1. Теоретические основы инженерной экологии: Учеб. Пособие для вузов/ И.И.Мазур, О.И. Молдаванов, В.Н. Шишов. – М.: Высш. шк., 1996.

7. Афанасьева Ю.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учеб. пособие: В 2 ч. / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин, В.В. Меньшиков и др. М., 2001.

8. Шуберт Р. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. М., 1998.

9. Колесников А.Е. Акустические измерения. Судостроение / А.Е. Колесников 1983, с. 235-237

10. Евтютов А.П., Справочник по гидроакустике. – Л.: Судостроение/ А.П. Евтютов, А.Е. Колесников, А.П. Ляликов и др. 1982, с. 212

**Акименко Олеся Борисовна** ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: akimenkoolesya@mail.ru 347922, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8 (8634) 37-17-95, магистрант.

**Чернов Николай Николаевич** ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: egamt@sfnu.ru; 347922, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8 (8634) 37-17-95; д.т.н., профессор.

УДК 534.771

## **БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИМПЕДАНСНОЙ АУДИОМЕТРИИ С БЛОКОМ АНАЛИЗА ТИМПАНОГРАММ**

*Кумова Д.М., Кириченко И.И.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: kumova\_dasha@mail.ru

Для целей диагностики слуха традиционно используются объективные методы, одним из которых является тимпанометрия. Этот метод предусматривает графическое представление результатов. В данной работе представлены результаты моделирования биотехнической системы диагностики нарушений слуха, которая позволяет реализовать статистические методы анализа тимпанограмм. С использованием исходных данных результатов импедансной аудиометрии, для произвольных тимпанограмм типа А и В выполнено моделирование подпрограммы статистического анализа данных на основе среды графического программирования LabVIEW.

Биотехническая система, статистический анализ, моделирование, тимпанограмма.

## **BIOTECHNICAL SYSTEM OF IMPEDANCE AUDIOMETRY WITH THE TIMPANOGRAMS ANALYSIS BLOCK**

*Kumova D.M., Kirichenko I.I.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering  
e-mail: kumova\_dasha@mail.ru

For the purpose of hearing diagnostics, objective methods are traditionally used, one of which is tympanometry. This method provides a graphical representation of the results. In this paper, we present the results of modeling a biotechnical diagnostic system for hearing impairment, which allows the implementation of statistical methods for the analysis of tympanograms. Using the initial data of the results of impedance audiometry, for arbitrary tympanograms of types A and B, modeling of the statistical data analysis subroutine based on the LabVIEW graphical programming environment was performed.

Biotechnical system, statistical analysis, modeling, tympanogram.

Определение типа и степени потери слуха на ранних этапах заболевания важно для проведения лечебных и реабилитационных мероприятий и позволяет выработать правильную диагностическую тактику [1, 2]. Субъективные методы диагностики нарушений слуха, такие как тональная и речевая аудиометрия, в связи с их простотой, применяются чаще. Но результаты диагностики субъективными

методами зависят от состояния и психологического настроения обследуемого, его желания адекватно реагировать на подаваемый сигнал. Применение только субъективных методов не всегда обеспечивает получение достоверных данных о состоянии слуха, что послужило применению в клинической аудиологии объективных методов, которые дают специалистам точную и полную информацию о нарушении слуховой функции [1, 2]. Среди объективных методов исследования слуха наибольшее распространение получила импедансная аудиометрия [3].

Как известно, результаты диагностики субъективными методами, к которым относится тональная пороговая аудиометрия, зависят от реакции обследуемого на предъявляемые тональные стимулы. В аудиологической практике этот субъективный момент снижает достоверность полученных данных [1, 2]. В отличие от тональной аудиометрии, импедансная аудиометрия является объективным методом исследования слуха, основанным на измерении акустического импеданса среднего уха [3].

Среди диагностических параметров импедансной аудиометрии выделяют: объем наружного слухового прохода, пик комплианса, давление пика и ширину тимпанограммы [3]. Ранее авторами были проведены исследования по установлению корреляционной связи параметров тимпанограмм [5, 6]. Была рассмотрена задача оценки связи двух параметров графического представления:

-пик комплианса;

-ширина произвольной тимпанограммы и нормальной тимпанограммы.

Область внутрибарабанного давления была разделена на два диапазона: отрицательная область давления (-400 даПа; 0 даПа) и положительная область давления (0; +200 даПа). В качестве исходных данных были использованы нормальные тимпанограммы и тимпанограммы типа С соответствующие диагнозу отит [3]. Для выбранных из базы данных тимпанограмм по формуле Пирсона были рассчитаны значения коэффициента корреляции, определены среднее значение коэффициента корреляции ( $T$ ) и среднее квадратическое отклонение ( $СКОт$ ) [4]. Для полной области внутрибарабанного давления тимпанограмм типа С среднее значение коэффициента корреляции и среднее квадратическое

отклонение составили  $T=-0,35$ ;  $СКО_T=0,12$ . Результаты расчета для диапазонов отрицательной и положительной областей давления составили  $T=-0,41$ ;  $СКО_T=0,11$  и  $T=0,48$ ;  $СКО_T=0,15$ , соответственно [5, 6].

Моделирование подсистемы статистического анализа данных проводилось в среде графического программирования LabVIEW. Среда графического программирования LabVIEW [7] имеет обширные библиотеки для приема, обработки, анализа и представления данных, а также удобный пользовательский интерфейс. Содержащийся в LabVIEW пакет аналитической обработки позволяет разрабатывать виртуальные приборы для анализа медицинских диагностических данных.

Подпрограмма статистического анализа данных представлена на рис. 1.

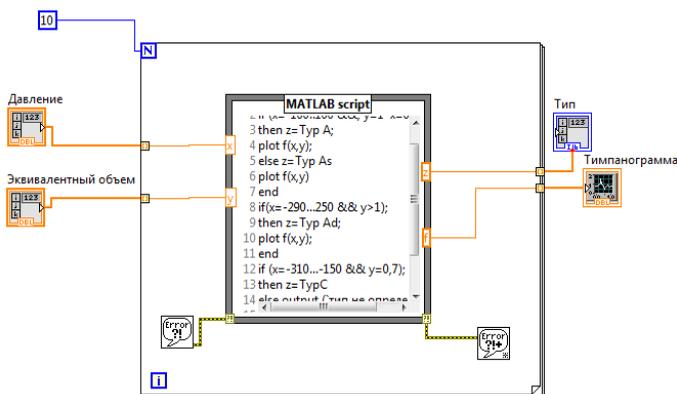


Рисунок 1 – Блок-диаграмма подпрограммы статистического анализа данных

Данные поступают массивом из подсистемы тимпанометрии, реализованного блоками «Давление» и «Эквивалентный объем» в блок анализа. В своем составе блок содержит окно «Matlab script», в котором записан листинг программы алгоритма.

После обработки результаты отображаются на графике, а под графиком указывается тип тимпанограммы. На рис. 2 показано окно лицевой панели подпрограммы с выводом на экран тимпанограммы типа А, а на рисунке 3 вывод на экран тимпанограммы типа В.

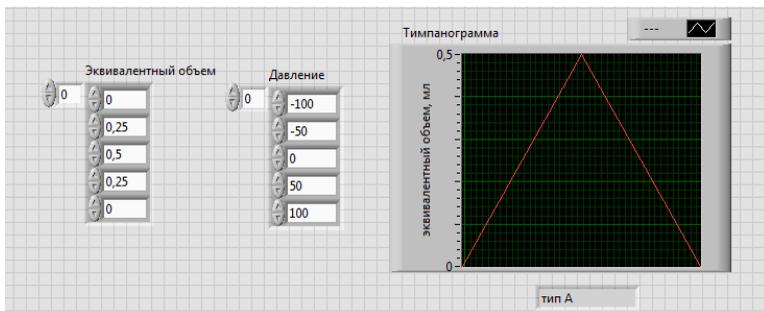


Рисунок 2 – Окно лицевой панели подпрограммы (типанограмма типа А)

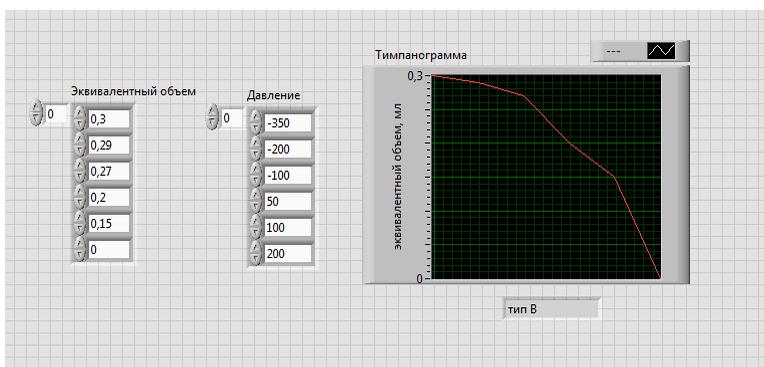


Рисунок 3 – Окно лицевой панели подпрограммы (типанограмма типа В)

Результатом моделирования является вывод данных на лицевую панель подпрограммы статистического анализа данных. Полученные результаты показали возможность разработки на базе приложений в среде LabVIEW подсистемы статистического анализа данных, реализующую работу алгоритма определения типа тимпанограмм.

#### Библиографический список

1. Альтман Я. А., Таварткиладзе Г. А. Руководство по аудиологии. – М.: ДМК Пресс, 2003. – 360 с.
2. Джафек Б.У., Старк Э.К. Секреты оториноларингологии. – М. – СПб.: БИНОМ – Невский диалект, 2001. – 624с.

3. Кочкин Р. В. Импедансная аудиометрия. – М.: Медицина, 2006. – 48 с.

4. Юнкеров В.И., Григорьев С.Г. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований. – СПб.: ВМедА, 2002. -266с.

5. Кириченко И.А., Кириченко И.И., Кумова Д.М. Регрессионный анализ результатов субъективных и объективным методов диагностики слуха // Научно-практическая конференция «Нелинейная акустика-50». Сборник трудов. – Таганрог: Издательство Южного федерального университета. – 2015. – С.156-160.

6. Бондаренко Р.П., Чернов Н.Н., Кириченко И.И., Кириченко И.А. Применение корреляционных графов для анализа результатов диагностики нарушений слуха методами аудиометрии // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2017. – №4. – С.254-261.

7. Васильев А.С., Лашманов О.Ю. Основы программирования в среде LabVIEW. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 82 с.

**Кумова Дарья Михайловна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: kumova\_dasha@mail.ru, 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8 (8634) 37-17-95, магситрант.

**Кириченко Инна Игоревна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: ikirichenko@sfnedu.ru, 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8 (8634) 37-17-95, Аспирант.

УДК 621.383.51

## **СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ – ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

*Крылов Д.И., Снесарев С.С.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: trti.ega305@mail.ru

В данной работе проведен анализ литературных источников по альтернативным источникам питания работающих от солнечной энергии. Всё большее внимание уделяют экологии, используют альтернативные источники энергии. Одним из перспективных экологически чистых источников энергии являются солнечные батареи. Они находят широкое применение во всех областях жизнедеятельности человека.

В работе рассмотрен принцип работы, достоинства и недостатки солнечных источников питания. Солнечная энергетика – направление альтернативной энергетике, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует возобновляемые источники энергии и является «экологически чистой», то есть не производящей вредных отходов во время активной фазы использования.

Солнечная батарея, экология, источники энергии, основные параметры.

## **SOLAR BATTERIES – ENVIRONMENTALLY CLEAN SOURCES OF ENERGY**

*Krylov D.I., Snesev S.S.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Engineering  
e-mail: trti.ega305@mail.ru

In this paper, an analysis of literary sources on alternative sources of nutrition for workers working on solar energy is carried out. More and more attention is paid to ecology, using alternative sources of energy. One of the promising environmentally friendly sources of energy are solar batteries. They are widely used in all areas of human life.

The work deals with the principle of operation, advantages and disadvantages of solar power sources. Solar energy – the direction of alternative energy, based on the direct use of solar radiation to generate energy in any form. Solnechnoe ener-getika uses renewable energy sources and is "environmentally friendly", that is, it does not produce harmful wastes during the active phase of use.

Solar battery, ecology, energy sources, basic parameters.

Чистота экологии является одним из главных, приоритетных направлений промышленных и гражданских технологических разработок, направленных на развитие альтернативных источников энергии. Использование конверсионных и космических технологий, уже сейчас, позволило производить автономные энергетические комплексы, преобразующих энергию солнца в электроэнергию для потребителей.

Солнечная энергия преобразуется в электроэнергию в фотоэлектрических элементах солнечной батареи, совершенно без всяких вредных выделений, излучений и прочих вредных для природы проявлений. Дальнейшее использование, преобразование и аккумуляция электроэнергии, происходит в системах, которые, так же, безвредны для экологии.

Первыми появились солнечные коллекторы, но их КПД был низок из-за многоступенчатой трансформации.

Солнечные батареи производят непосредственно электричество, что намного эффективнее. При прямой трансформации теряется значительно меньше энергии, чем при многоступенчатой, как у коллекторов.

Современные солнечные батареи состоят из цепи фотоэлементов – полупроводниковых устройств, преобразующих солнечную энергию напрямую в электрический ток. Процесс преобразования энергии солнца в электрический ток называется фотоэлектрическим эффектом.

Данное явление открыл французский физик Александр Эдмон Беккерель в середине XIX века. Первый же действующий фотоэлемент спустя полвека создал русский ученый Александр Столетов. А уже в двадцатом столетии фотоэлектрический эффект количественно описал Альберт Эйнштейн.

Солнечные батареи – это модульные конструкции, поэтому их возможно использовать в больших энергосистемах. Кровельные конструкции позволяют с лёгкостью устанавливать их для получения бесперебойной энергии для целых жилых кварталов или отдельных домов.

Основными компонентами солнечной батареи являются полупроводники. Полупроводник – это такой материал, в атомах которого либо есть лишние электроны (n-тип), либо наоборот, их не хватает (p-тип). Соответственно, полупроводниковый фотоэлемент

состоит из двух слоев с разной проводимостью. В качестве катода используется n-слой, а в качестве анода – р-слой. Принцип работы солнечной батареи приведен на рис. 1

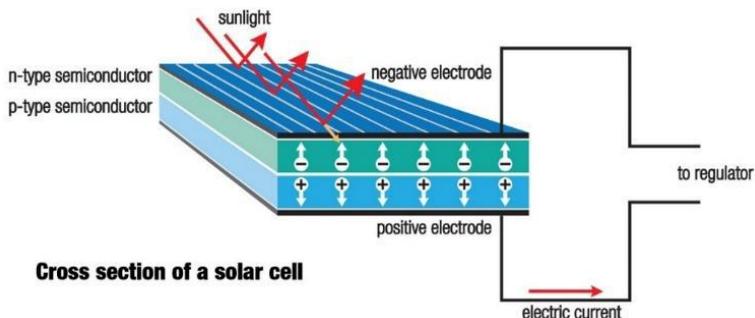


Рисунок 1 – Принцип работы солнечной батареи

Лишние электроны из n-слоя могут покидать свои атомы, тогда как р-слой эти электроны захватывает. Именно лучи света «выбивают» электроны из атомов n-слоя, после чего они летят в р-слой занимать пустующие места. Таким способом электроны бегут по кругу, выходя из р-слоя, проходя через нагрузку (в данном случае аккумулятор) и возвращаясь в n-слой.

Первым в истории фотоэлектрическим материалом был селен. Именно с его помощью производили фотоэлементы в конце XIX и начале XX веков. Но учитывая крайне малый КПД (менее 1 процента), селену сразу же начали искать замену.

Массовое же производство солнечных батарей стало возможным после того как телекоммуникационная компания BellTelephone разработала фотоэлемент на основе кремния. Он до сих пор остается самым распространенным материалом в производстве солнечных батарей.

Классификация солнечных батарей.

Сегодня на рынке солнечных модулей представлено несколько различных типов солнечных батарей. Отличаются они друг от друга технологией изготовления и материалами, из которых их производят. На рис.2 приведена классификация солнечных батарей.



Рисунок 2 – Классификация солнечных батарей

### Солнечные батареи на основе кремния

Батареи на основе кремния на сегодняшний день самые распространение, связано это с широким распространением кремния, его дешевизной и высоким показателем производительности.

Монокристаллические солнечные батареи и поликристаллические солнечные батареи отличаются технологией изготовления, стоимостью и показателем КПД. У моно он составляет 17-22%, у поли 12-18%.

### Батареи из аморфного кремния

По технологии производства аморфные батареи по технологии производства относятся к пленочным, по материалу изготовления к кремниевым. КПД таких батарей составляет 5.6%, но, несмотря на эти недостатки, они имеют и ряд достоинств:

- показатель оптического поглощения в 20 раз выше, чем у поли- и монокристаллов. Толщина элементов меньше 1 мкм;
- в сравнении с поли- и монокристаллами имеют более высокую производительность при пасмурной погоде;
- повышенная гибкость.

### Пленочные батареи

Пленочные солнечные батареи различаются по используемым материалам.

- На основе теллурида кадмия
- На основе селенида меди-индия

- На основе полимеров.

В таблице 1 приведены обобщенные данные о КПД разных видов солнечных батарей.

Таблица 1 – КПД солнечных батарей

Солнечные элементы, выпускаемые в промышленности	КПД
Моно	17– 22%
Поли	12–18%
Аморфные	5–6%
На основе теллурида кадмия	10–12%
На основе селенида меди-индия	15–20%
На основе полимеров	5–6%

### Преимущества солнечной энергии

#### 1. Возобновляемость

Говоря о солнечной энергии, в первую очередь, необходимо упомянуть, что это – возобновляемый источник энергии, в отличие от ископаемых видов топлива: угля, нефти, газа, которые не восстанавливаются. По данным NASA еще порядка 6.5 млрд. лет жителям Земли не о чем беспокоиться – приблизительно столько Солнце будет согревать нашу планету своими лучами до тех пор, пока не взорвется.

#### 2. Высокий потенциал

Потенциал солнечной энергии огромен – поверхность Земли облучается 120 тыс. тераваттами солнечного света, а это в 20 тыс. раз превышает общемировую потребность в ней.

#### 3. Постоянство

Кроме того, солнечная энергия неисчерпаема и постоянна – ее нельзя перерасходовать в процессе удовлетворения нужд человечества в энергоносителях, так что ее хватит в избытке и на долю будущих поколений.

#### 4. Доступность

Помимо прочих достоинств солнечной энергии, она доступна в каждой точке мира – не только в экваториальной зоне Земли, но и в северных широтах. Скажем, Германия на данный момент занимает первое место в мире по использованию энергии солнца и обладает максимальным ее потенциалом.

### 5. Экологическая чистота

В свете последних тенденций в борьбе за экологическую чистоту Земли, солнечная энергетика – это наиболее перспективная отрасль, которая частично заменяет энергию, получаемую от не возобновляемых топливных ресурсов и, тем самым, выступает принципиальным шагом на пути защиты климата от глобального потепления. Производство, транспортировка, монтаж и использование солнечных электростанций практически не сопровождается вредными выбросами в атмосферу. Даже если они и присутствуют в незначительной мере, то по сравнению с традиционными источниками энергии – это почти что нулевое воздействие на окружающую среду.

### 6. Бесшумность

За счет того, что в системах на солнечном ресурсе нет никаких движущихся узлов, как, например, в генераторах, выработка электроэнергии происходит бесшумно.

### 7. Экономичность, низкие эксплуатационные расходы

Перейдя на солнечные батареи в качестве автономного источника энергии, собственники частных домов получают ощутимую экономию. Немаловажно и то, что обслуживание систем энергоснабжения на солнечных батареях характеризуется низкими затратами – необходимо лишь несколько раз в год подвергать чистке солнечные элементы, а гарантия производителя на них, как правило, составляет 20-25 лет.

### 8. Обширная область применения

Солнечная энергия обладает широким спектром приложений – это и выработка электроэнергии в регионах, где отсутствует подключение к централизованной системе электроснабжения, и опреснение воды в Африке, и даже снабжение энергией спутников на околоземной орбите. Не напрасно солярную энергию последнее время называют "народной" – это название отражает простоту ее интегрирования в систему электроснабжения дома, как в случае с фотоэлектрическими, так и с тепловыми элементами.

## 9. Инновационные технологии

С каждым годом технологии в сфере производства солнечных батарей становятся все более совершенными – тонкопленочные модули вводятся непосредственно в строительные материалы еще на этапе возведения сооружений. Японский концерн Sharp – лидер в производстве солнечных панелей, недавно внедрил инновационную систему прозрачных накопительных элементов для оконного остекления. Современные достижения в области нанотехнологий и квантовой физики позволяют говорить о возможном увеличении мощности солнечных панелей в 3 раза.

Недостатки солнечных источников энергии

### 1. Высокая стоимость

Бытует мнение, что солнечная энергия относится к разряду дорогостоящего ресурса – это, пожалуй, самый спорный вопрос из всех положительных и отрицательных аспектов ее использования. За счет того, что обустройство дома солнечными накопительными элементами обходится в немалую сумму на начальном этапе, многие государства (но пока не Россия) поощряют использование данного экологически чистого источника энергии путем выдачи кредитов и оформления договоров о лизинге.

### 2. Непостоянство

За счет того, что солнечный свет отсутствует в ночное время, а также в пасмурные и дождливые дни, солнечная энергия не может служить основным источником электроэнергии. Но, по сравнению с ветрогенераторами, это, все-таки, более стабильный вариант.

### 3. Высокая стоимость аккумуляирования энергии

Аккумуляторные батареи, позволяющие накапливать энергию и сглаживать, в какой-то мере, нестабильность поступления солнечной энергии, отличает высокая цена, доступная не каждому домовладельцу. Упрощает ситуацию тот факт, что пик потребления электроэнергии приходится как раз на светлое время суток.

### 4. Незначительное загрязнение окружающей среды

Несмотря на то, что по сравнению с производством и переработкой других видов энергоресурсов солнечная энергия наиболее дружелюбна к природной среде, некоторые технологические процессы изготовления солнечных панелей сопровождаются выбросом парниковых газов, трифторида азота и гексафторида серы.

### 5. Применение дорогостоящих и редких компонентов

Выпуск тонкопленочных солнечных панелей требует введения теллурида кадмия (CdTe) или селенида меди индия галлия (CIGS), которые являются редкими и дорогостоящими – это влечет за собой удорожание системы альтернативного энергоснабжения в целом.

### 6. Малая плотность мощности

Одним из важных параметров источника электроэнергии выступает средняя плотность мощности, измеряемая в Вт/м<sup>2</sup> и характеризующая количество энергии, которое можно получить с единицы площади энергоносителя. Данный показатель для солнечного излучения составляет 170 Вт/м<sup>2</sup> – это больше, чем у прочих возобновляемых природных ресурсов, но ниже, чем у нефти, газа, угля и в атомной энергетике. По этой причине, для выработки 1 кВт электроэнергии из солнечного тепла требуется значительная площадь солнечных панелей.

### Заключение

Еще два десятилетия назад диковинкой казались микрокалькуляторы с фотоэлементами, что позволяло не менять в них «батарейку-таблетку» годами. Сейчас же мобильные телефоны со встроенной в заднюю крышку солнечной панелью никого не удивляют. А ведь это мелочь в сравнении с автомобилями и самолетами (пусть и беспилотными), которые научились передвигаться при помощи одной лишь солнечной энергии. Передвижные медицинские комплексы, предназначенные для лечения и спасения жизни больных в самых разных условиях, оснащаются солнечными панелями, для бесперебойного электроснабжения, все больше больниц предпочитают использовать зарядные устройства на солнечных батареях для обеспечения работы ко-тельных и получения горячей воды.

Будущее солнечных батарей видится точно таким же светлым, как само солнце. Хочется верить, что именно солнечные батареи позволят наконец-то вылечить смартфоны и планшеты от «розеткозависимости».

### Библиографический список:

1. Немцов М.В. Электротехника и электроника. (Учебник для вузов. Изд-во "Высшая школа"), 2007, л. 560.

2. У. Наундорф, Аналоговая электроника. Основы, расчет, моделирование. М. : Техносфера, 2008. – 472 с.

3. Жаворонков М.А. Электротехника и электроника (2-е изд., стер.), учеб. Пособие. Изд-во «Феникс», 2008г.

4. <http://www.powerfilmsolar.ru/employment/specialnye-sluzhby/>; «Применение зарядных устройств на солнечных батареях специальными службами»; дата обращения [17.07.2017].

5. <http://energomir.biz/alternativnaya-energetika/solnce/princip-raboty-solnechnoj-batarei.html>; «Как устроена солнечная батарея?»; дата обращения [16.07.2017].

**Крылов Данил Игоревич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: [nemesis123rus@gmail.com](mailto:nemesis123rus@gmail.com); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, студент.

**Снесарев Сергей Стефанович**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: [trti.ega305@mail.ru](mailto:trti.ega305@mail.ru); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634)37-17-95, старший преподаватель.

УДК 681.317

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ФОНОКАРДИОГРАФИИ**

*Фомина И.А., Вишневецкий В.Ю.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: [inna.fomina.1994@mail.ru](mailto:inna.fomina.1994@mail.ru)

Рассматривается динамическая модель для синтеза сигнала фонокардиограммы (ФКГ), которая способна генерировать реалистичные синтетические сигналы ФКГ. Эта модель основана на морфологии ФКГ и состоит из трех обыкновенных дифференциальных уравнений и может представлять различные виды нормальных сигналов ФКГ. Важность вариации в морфологии ФКГ значительна, поэтому параметры модели варьируются от ритма к ритму. Эта модель основана на динамической модели электрокардиограммы (ЭКГ), предложенной McSharry и может

использоваться для оценки различных методов обработки биомедицинских сигналов.

Биологические системы моделирования, ЭКГ, ФКГ, математическая модель, дифференциальные уравнения, физиологические модели, биомедицинская обработка сигналов.

### **MODELING OF HEART ACTIVITY IN PHONOCARDIOGRAPHY**

*Fomina I.A., Vishnevetsky V.Yu.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering

e-mail: inna.fomina.1994@mail.ru

A dynamic model for the synthesis of the phonocardiogram signal (FCG), which is capable of generating realistic synthetic signals of the PCG, is considered. This model is based on the morphology of the PCG and consists of three ordinary differential equations and can represent different types of normal signals of the PCG. The importance of variation in the morphology of the PCG is significant, so the parameters of the model vary from rhythm to rhythm. This model is based on the dynamic model of the electrocardiogram (ECG) proposed by McSharry and can be used to evaluate various methods of processing biomedical signals.

Biological modeling systems, ECG, FCG, mathematical model, differential equations, physiological models, biomedical signal processing.

**Введение.** Сигнал фонокардиограммы (PCG) содержит ценную информацию об электромеханической активности сердца человека, поскольку он обеспечивает количественное и графическое представление звуков сердца. Есть два доминирующих и слышимых компонента звуков сердца, а именно S1 и S2, а в некоторых случаях два других компонента S3 и S4 и шумы. Эти звуки вызваны открытием и закрытием клапанов сердца, а также следствием турбулентного кровотока и вибрации сердечно-сосудистых структур. В последние годы были сделаны некоторые попытки моделирования и синтеза сигналов ФКГ. В целом, эти модели можно разделить на две группы: статистические и математические модели. Статистические модели основаны на статистических свойствах ФКГ, таких как спектры более высокого порядка. Основным недостатком статистических моделей является то, что они игнорируют морфологию сигнала. Поэтому они не могут использоваться для синтеза реалистичных сигналов. Напротив, математические модели основаны на морфологии сигнала и пытаются представить временные и частотные характеристики ФКГ. В некоторых других работах алгоритм сопоставления соответствия

используется для анализа и синтеза фонокардиограммы, но явные модели не предлагаются.

В 2003 году McSharry [1] представила соответствующую динамическую модель для электрокардиограммы (ЭКГ) на основе ее морфологии, которая способна генерировать синтетические сигналы ЭКГ. Мы предлагаем динамическую модель для сигнала PCG с возможностью генерации синтетического сигнала.

В 2003 году McSharry предложила динамическую модель генерации реалистичного синтетического сигнала ЭКГ с использованием набора уравнений состояния, который генерирует трехмерную (трехмерную) траекторию в трехмерном пространстве состояний из координат  $(x, y, z)$ . Модель состоит из кругового предельного цикла единичного радиуса в плоскости  $(x, y)$ , вокруг которой траектория движется вверх и вниз по мере приближения к точкам P, Q, R, S и T в ЭКГ. Квазипериодичность ЭКГ отражается движением траектории вокруг притягивающего предельного цикла. Динамические уравнения задаются набором трех обыкновенных дифференциальных уравнений в декартовых координатах:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= ax - \omega y \\ \dot{y} &= ay + \omega x \\ \dot{z} &= - \sum a_i \Delta \theta_i \exp\left(\frac{-\Delta \theta_i^2}{2\theta_i^2}\right) - (z - z_0) \end{aligned} \quad (1)$$

Где  $a = 1 - \sqrt{x^2 + y^2}$ ,  $\Delta \theta_i = (\theta - \theta_i) \bmod 2\pi$ ,  $\theta = \arctg^2(y, x)$  представляет собой квадрант-арктангенса элементов  $x$  и  $y$ , расположенных в пределах  $[-\pi, \pi]$ , а  $\omega$  – угловая скорость траектории при ее движении по предельному циклу и связана с сердцем биения как  $\omega = 2\pi f$ . Базовое смещение ЭКГ моделируется параметром  $z_0$ , который считается синусоидальным компонентом относительно низкой амплитуды, связанным с частотой дыхания  $f_2$ , используя

$$z_0(t) = A \sin(2\pi f_2 t) \quad (2)$$

где  $A = 0.15 \text{ мВ}$

Путем пренебрежения терминами блуждания базовой линии  $(z - z_0)$  в (1) и интегрируя уравнение  $\dot{z}$ , можно видеть, что каждая компонента формы ЭКГ моделируется гауссовым ядром, которое имеет три параметра  $\theta_i, a_i, b_i$ .

Значения параметров модели  $(\theta_i, a_i, b_i)$  для каждого ритма ЭКГ могут быть получены путем подгонки к ней кривой из пяти гауссовых ядер. Типичные значения этих параметров для точек P, Q, R, S и T. Времена и углы относятся к положению R-пика, так как всегда предполагается, что он равен нулю и содержание ЭКГ, лежащее между двумя последовательными

$R$ -пиками, считается фазой между  $0$  и  $2\pi$  (или  $-\pi$  и  $\pi$ ). Таким образом, фазовый сигнал  $\theta$  доступен простым детектированием  $R$ -пиков.

**Описание модели ФКГ.** Как упоминалось ранее, сигнал ФКГ состоит из двух различных звуков:  $S1$  и  $S2$ , образцы сигналов которых изображены на рисунке 1. Волновые формы звуков сердца варьируются от субъекта к субъекту, чтобы сигнал по амплитуде, количеству пиков и впадин, распространяется во времени. При всех этих различиях все еще есть некоторые аналоги по всем формам волны. Более пристальный разборав сигнал, имеет смысл применить идею затухающих синусоид, так как частота колебаний почти постоянна вдоль их осциллограмм. Кроме того, две или более гауссовские функции могут моделировать их формы огибающей. Поэтому, учитывая эти свойства, мы используем ядра Габора для моделирования сердечных звуков. Анализ различных сердечных звуков показывает, что два ядра Габора могут представлять каждый сердечный звук,  $S1$  и  $S2$ , и в сумме один сердечный ритм сигнала ФКГ может быть смоделирован с четырьмя ядрами следующим образом;

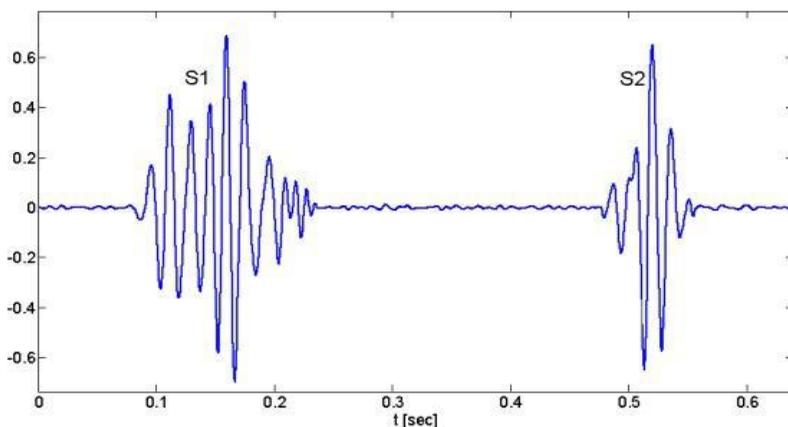


Рисунок 1 – Сигнал фонокардиограммы здорового человека, содержащий первый сердечный звук ( $S1$ ) и второй сердечный звук ( $S2$ )

**Динамическая модель фонокардиограммы.** Как и модель McSharгу для ЭКГ [1], динамическая модель для ФКГ генерирует траекторию в трехмерном пространстве состояний с координатами  $(x, y, z)$ , что проекция трехмерной траектории на  $(x, y)$  движется вокруг предельного цикла единичного радиуса. Каждый оборот на этом круге соответствует одному сердечному ритму. Форма волны сигнала фонокардиограммы производится с использованием движения траектории

в направлении  $z$ . Динамические уравнения траектории модели задаются набором трех обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{r} &= r(1 - r) \\ \dot{\theta} &= \omega \\ \dot{z} &= - \sum \left( \frac{a_i}{\sigma_i} (\theta_i - \mu_i) \exp \left( - \frac{(\theta - \mu_i)^2}{2\sigma_i^2} \right) \cos(2\pi f_i \theta - \varphi_i) \right. \\ &\quad \left. + 2\pi a_i f_i \exp \left( - \frac{(\theta - \mu_i)^2}{2\sigma_i^2} \right) \sin(2\pi f_i \theta - \varphi_i) \right) \end{aligned} \quad (3)$$

Существует тесная взаимосвязь между событиями в электрокардиограмме и фонокардиограмме. Например, S1 происходит немного после R-пика в ЭКГ. Для извлечения сердечных сокращений из ФКГ, надежный подход осуществляется с помощью одновременно записанного сигнала ЭКГ; средняя точка каждого расстояния R-до-R рассматривается как конечная точка предыдущего удара и начальная точка следующего удара, и таким образом удары ФКГ становятся различимыми. Фазовый сигнал  $\theta$  для каждого удара ФКГ является одним и тем же фазовым сигналом синхронной ЭКГ.

ФКГ, в отличие от ЭКГ, менее квазипериодична, и изменение параметров модели ФКГ от ритма к ритму является значительным, и небольшое изменение в одном параметре может, вероятно, генерировать неверный сигнал сердечного звука. Поэтому не представляется возможным представлять эти параметры по их средним значениям.

**Заключение.** В этой статье была рассмотрена новая динамическая модель для фонокардиограммы, которая способна синтезировать сигналы ФКГ с реалистичными морфологиями. Параметры модели могут быть выбраны для генерации различных действующих морфологий для синтезированных звуковых сигналов сердца. Также можно выбрать частоту дискретизации и интервал между битами.

#### Библиографический список

1. McSharry PE, Clifford GD, Tarassenko L, Smith LA. A dynamic model for generating synthetic electrocardiogram signals. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2003 289–294.
2. Е.П. Попечителей, О.Н. Старцева Аналитические исследования в медицине, биологии и экологии, 2003
3. Minfen S, Fenglin S. The analysis of phonocardiographic signals based on higher-order spectra. *Proc of ICSP.* 1996:568–571.
5. Shen MF, Sun LS. Modeling and processing of phonocardiogram via parametric bispectral approach. *Proc of RC-EMBS.* 1995:76–77.

6. Xu J, Durand LG, Pibarot P. Nonlinear transient chirp signal modeling of the aortic and pulmonary components of the second heart sound. IEEE Trans on Biomed Eng. 2000

**Фомина Инна Александровна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: inna.fomina.1994@mail.ru, 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8 (8634) 37-17-95, магистрант.

**Вишневецкий Вячеслав Юрьевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: vuvishnevetsky@sfedu.ru, 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8 (8634) 37-17-95, к.т.н., доцент.

УДК 611.73

**ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОД  
КОЖА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ  
ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

*Краснова Т.А., Вишневецкий В.Ю.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: girlkgi@mail.ru

Рассмотрены некоторые параметры электромиографического исследования, на примере электрической модели кожно-электродного контакта. На основе литературных источников произведен синтез эквивалентной схемы, которая в полной мере описывает процессы при электромиографическом исследовании. Применения электромиографического исследования при диагностике состояния пациента повсеместно. Это вносит свои сложности в анализ, получаемых диагностических параметров, так как они могут меняться в очень широком диапазоне. Предлагается произвести оценку частотных свойств системы съема сигнала. Для этих целей, на основе уже полученной эквивалентной схемы, проведен анализ кожно-электродного импеданса. В качестве

датчика использовался емкостный электрод для съема биопотенциалов на основе SiO<sub>2</sub>.

Электромиография, ЭМГ, импеданс, электрод.

## **CONSTRUCTION OF THE INTERACTION MODEL SKIN ELECTRODE FOR ELECTROMYGRAPHIC RESEARCH**

*Krasnova T.A., Vishnevetskiy V.Yu.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering  
e-mail: girlkgi@mail.ru

Some parameters of electromyographic study are considered, using the example of an electric model of a skin-electrode contact. On the basis of literature sources, an equivalent circuit was synthesized, which fully describes the processes during electromyographic examination. The use of electromyographic research in the diagnosis of the patient's condition is widespread. This introduces difficulties in the analysis of the resulting diagnostic parameters, since they can vary over a very wide range. It is proposed to estimate the frequency characteristics of the signal pickup system. For these purposes, based on the already obtained equivalent circuit, an analysis of the skin-electrode impedance was carried out. The sensor used was a capacitive electrode for the removal of biopotentials based on SiO<sub>2</sub>.

Electromyography, EMG, impedance, electrode.

**Введение.** Основой электрофизиологических исследований является анализ электрических явлений в человеческом теле, которые проявляют себя в процессе изменения пассивных электрических свойств биологических тканей, органов и систем человека. Это могут быть различные параметры такие как импеданса, проводимости, емкости, диэлектрической проницаемости и активной – значения и параметры биоэлектрических потенциалов, связанных с жизнедеятельностью процессов. Данные электрические свойства отражают зависимость в проводимости биологических тканей человека из-за изменений в наполнении крови, состава и концентрации веществ в них. С помощью биологических потенциалов мы можем оценить различные физиологические процессы, проходящие в организме

человека. Таким образом любое изменение функционального состояния пациента, мы можем диагностировать и анализировать, используя электрическую активность организма.

Параметры электрических сигналов при измерении электрического сопротивления тканей в значительной степени определяются процессами, происходящими на границе биологических тканей с электродами, и будут рассмотрены ниже. Поэтому в данной статье мы уделяем особое внимание кожно-электродному контакту. Рассмотрим ряд параметров, имеющих непосредственное влияние на результат электромиографического исследования.

При исследовании биологической активности организма нужно учитывать, что биологический сигнал проявляется в довольно малой амплитуде и относительно малой частотой. Так амплитуда сигнала при электромиографическом исследовании варьируется от 0.01 до 1 мВ, а частотный диапазон от 1 до 10000 Гц.

Такие параметры сигнала налагают жесткие требования к используемым электродам. И при проведении и обработки исследований нужно обязательно их учитывать.

Одной из задач по улучшению диагностики с помощью поверхностных электродов, является уменьшение переходного сопротивления электрод-кожа. Так как данный параметр сильно влияет на погрешность измерения электрической активности организма. Значение этого сопротивления зависит от типа материала электрода, свойств кожи, площади ее соприкосновения с электродом и от свойств межконтактного слоя между электродом и кожей.

### **Определение параметров кожно-электродного контакта.**

При рассмотрении параметров кожно-электродного контакта мы заранее оговоримся, что будем описывать резистивный металлический электрод. Исходя из этих данных электрическая модель кожно-электродного контакта будет выглядеть следующим образом (рисунок 1).

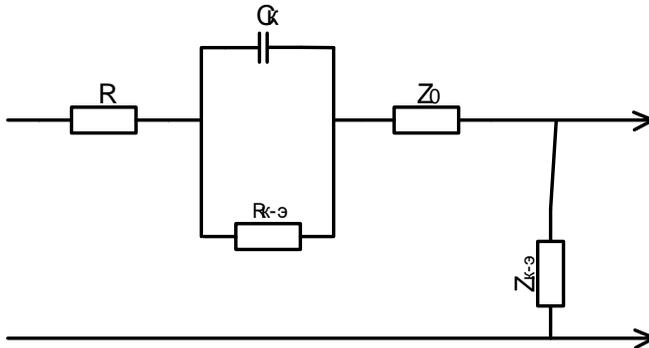


Рисунок 1 – Эквивалентная схема кожно-электродного контакта для металлического электрода

На основе полученной электрической модели кожно-электродного контакта мы можем проанализировать рабочие параметры системы. Для расчета параметров электрода нам необходимо выбрать его входные данные.

Форма выбирается произвольно в зависимости от преследуемых целей, в нашем случае – это круг.

Габаритные размеры электрода:

1. Ширина основания – 30 мм
2. Диаметр твердого геля – 16 мм
3. Диаметр датчика – 30 мм
4. Толщина датчика – 2мм

Сопротивление электрода и кожно-электродное сопротивление:

$$R = \rho h / S, \quad (1)$$

Площадь поверхности:  $S_d = \pi r_d^2$   $r_d = 1.5$  см,  $S = 2,25$  см<sup>2</sup>

По формуле (1) рассчитываем площадь геля, и площадь всей поверхности электрода. При  $r_r = 0.8$  см  $S = 2$  см<sup>2</sup>. При  $r_g = 1.5$  см  $S_g = 2,25$  см<sup>2</sup> Зная площадь всей поверхности электрода и площадь, которая отводится на гель можно рассчитать площадь липкого кольца:

$$S_{lk} = S_g - S_r = 0,25 \text{ см}^2, \quad (2)$$

Проводниковый материал для датчика используется серебро, его удельное сопротивление  $\rho = 1.66 \cdot 10^{-6}$  Ом\*см. Удельное

сопротивление живых тканей  $\rho=30 \text{ Ом*см}$ , толщина кожи  $d=0.157 \text{ см}$ .

Рассчитаем сопротивление кожи:

$$R_k=(30*0.157)/2.25=2.09 \text{ Ом}$$

Рассчитаем сопротивление электрода:

$$R_3=(1.66*10^{-6}*0.2)/2.25=0.145*10^{-6} \text{ Ом}$$

Величина емкости электрода:

$$C=\xi_r \xi_0 S/d, \quad (3)$$

$\xi_r$  – диэлектрическая проницаемость вещества 85,  $\xi_0$  – электрическая постоянная  $8.85*10^{-12} \text{ Ф/м}$ ,  $S$  – площадь датчика,  $d$  – толщина датчика.

$$C_3=0,9 \text{ нФ}$$

$$C_{кэ} = \xi \xi_0 S/d. \quad (4)$$

$\xi$  – Диэлектрическая проницаемость 1126

$$C_{кэ}=1.25 \text{ нФ}$$

В данной модели мы используем резистивный металлический электрод. Эквивалентная схема входной цепи электродного усилителя при использовании такого электрода имеет вид, изображенный на рис. 1. Тогда входная цепь выполняет функцию делителя сигнала, частотная характеристика которого и определяет частотные свойства системы съема. Зависимость частотных параметров импеданса мы можем проследить по формуле 5.

$$Z = \frac{R_{кэ}}{1+(\omega R_{кэ} C_{кэ})^2} - j \frac{R_{кэ} C_{кэ}}{1+(\omega R_{кэ} C_{кэ})^2} \quad (5)$$

Полученная зависимость была промоделирована в программной среде Mathcad, полученные результаты представлены на рисунке 2.

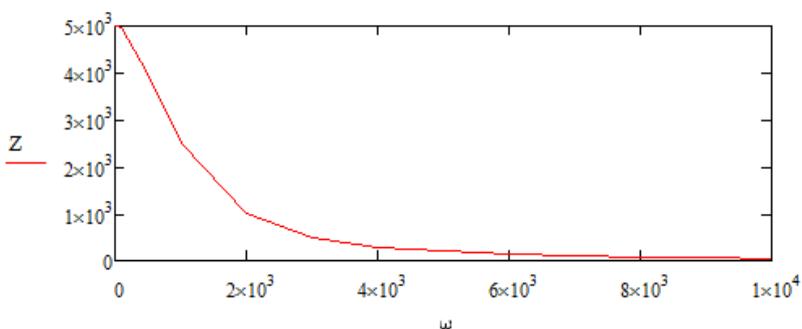


Рисунок 2 – Частотная зависимость кожно-электродного импеданса

Исходя из полученных данных, мы можем судить что сопротивление и емкость стремятся к нулю что соответствует нуждам электрода. Так же мы получили зависимость импеданса от частоты сигнала, из этой зависимости видно, что сопротивление уменьшается с повышением частоты.

#### Биографический список

1. А.Р. Ливенсон «Электромедицинская аппаратура» – 1981г. – С.165
2. Попечителей Е.П. Корневский Н.А. Электрофизиологическая и фотометрическая медицинская техника // Теория и проектирование. – 1999г. – С.96-179
3. Аннотация к электродам производства Kendall // Техническая инструкция – 2014г.
4. В.Ю. Вишневецкий, Н.Г. Булавкова, В.С. Ледяева. Принципы построения биотестовой системы. // Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. – №9(122). – С. 12-17
5. Антонов В.Ф «Биофизика» // Учебник для вузов – 1996г.
6. Федотов А.А. Акулов А.С. «Измерительные преобразователи биомедицинских сигналов систем клинического мониторинга» // МОСКВА ФИЗМАТЛИТ – 2013г.
7. Engelhart, K., 1998, “Signal representation for Classification of the Transient Myoelectric Signal”, Ph.D. Dissertation, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada.

**Краснова Татьяна Александровна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: girlkgi@mail.ru, 347922, г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2, корп. «Е», тел. 8 (8634) 37-17-95, магистрант.

**Вишневецкий Вячеслав Юрьевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: vuvishnevetsky@sfned.ru, 347922, г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2, корп. «Е», тел. 8 (8634) 37-17-95, к.т.н., доцент.

**УДК 616.12-073.97-71**

**РАЗРАБОТКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УЗ ПРИБОРА ДЛЯ  
ИССЛЕДОВАНИЯ СЕРДЦА**

*Нерук В.Ю., Вишневецкий В.Ю.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: walerik1995@gmail.com

Рассмотрен метод ультразвуковой интроскопии сердечно-сосудистой системы, представлены основные достоинства и недостатки метода, по сравнению с иными средствами съема диагностической информации. Представлено техническое предложение реализации ультразвукового исследования сердца, в частности разработка пьезоэлектрического преобразователя диагностического прибора. Основная задача работы – выбрать материалы, конструкцию и метод производства пьезоэлемента.

Ультразвук, сердце, пьезоэлектрический преобразователь.

**DEVELOPMENT OF THE TRANSDUCER OF THE USE OF  
THE APPLIANCE FOR THE INVESTIGATION OF THE  
HEART**

*Neruk V.Yu., Vishnevetskiy V.Yu.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics  
and Equipment Engineering  
e-mail: walerik1995@gmail.com

The method is considered of ultrasound introscopy of the cardiovascular system is considered, the main advantages and disadvantages of the method are presented, in comparison with other means of diagnostic information removal. A technical proposal for the realization of ultrasound examination of the heart is presented, in particular, the development of a piezoelectric transducer of a diagnostic device. The main goal of the work is to choose the materials, construction and method of production of the piezoelectric element.

Ultrasound, heart, piezoelectric transducer.

За 2016 год, по данным министерства здравоохранения, около 8% граждан страдают от патологий сердечно-сосудистой системы. В свою очередь, смертность составляет более 53% от всех летальных случаев [1]. Поэтому, диагностика сердечно-сосудистой системы является важнейшим видом исследования состояния здоровья человека.

Основной и относительно безопасный метод исследования сердца – ультразвуковая интроскопия.

К основным достоинствам ультразвукового исследования сердца можно отнести:

1. Высокая диагностическая информативность.
2. Способность оценивать динамические характеристики движущихся структур.
3. Безвредность обследований для пациента и врача.
4. Относительно небольшие размеры и вес аппаратуры.

Основным ограничением, при проведении диагностики сердца, является то, что исследование происходит с малого участка поверхности тела человека – межреберного пространства, размер которого, в среднем около 15мм.

Для того, чтобы технически реализовать данный метод исследования сердца, нам необходим компактный преобразователь. В данном случае необходимо использовать секторный датчик. Излучающая часть датчика должна иметь миниатюрные размеры, поэтому необходимо выбирать надежные конструкционные материалы для защиты матрицы и удобства использования в целом.

При конструировании акустических приборов используется широкая номенклатура материалов.

Это активные пьезоматериалы для преобразователей, резины и пластмассы для звукоотражающих экранов, электроизоляционные материалы, провода и кабели, герметизирующие резины, клеи, компаунды, металлы.

Используемые материалы должны соответствовать высшей степени безопасности, так как работают в непосредственном контакте с человеческим телом, небольшим весом для обеспечения портативности прибора [2].

Корпус изготавливают из легких, безопасных металлов или металлизированных пластмасс с такими же характеристиками. Переходные слои, которые служат для защиты преобразователя от повреждений поверхности и акустического согласования преобразователя, наносятся химическим гальваническим путем, с толщиной порядка 1 мкм. В УЗ датчиках, использующихся в медицине, применяют переходные слои из смеси смол с наполнителем из оксида титана. В конструкции датчика, использованы следующие материалы: корпус выполнен из алюминия, в силу его легкости, прочности и безопасности; крышка, в которой будет установлен пьезоэлемент, выполнена из ABS-пластика, отличающегося своей прочностью и гипоаллергенностью. Согласующий слой выполнен из органического стекла ТОСН ГОСТ 17622-72, так как данный материал имеет схожее акустическое сопротивление, что и тело человека. Толщина согласующего слоя должна быть  $3\lambda/4$ , где  $\lambda$  – длина акустической волны в материале протектора [3].

Секторный сканирующий многоэлементный пьезопреобразователь состоит из конструктивно объединенных в матрицу дискретных пьезоэлементов, размещенных в ряд на плоскости. Задняя часть пьезоэлемента покрыта слоем демпфирующего материала, а рабочая поверхность – согласующим слоем. Электроды пьезоэлемента, со стороны рабочей поверхности матрицы, соединены между собой и заземлены, а электроды на тыльной стороне пьезоэлементов соединены многожильным кабелем с приемно-передающим трактом.

Самый популярный способ изготовления подобных преобразователей предусматривает сборку матрицы из отдельных пьезоэлементов, например, путем их фиксации в магазине, после чего происходит индивидуальная распайка токоотводящих

проводников и заливка демпфирующих и согласующих слоев. Подобный способ изготовления многоэлементного преобразователя не обеспечивает требуемой точности и производительности изготовления. Из-за разброса параметров пьезоэлементов, погрешностей установки и распайки не обеспечивается необходимая однородность характеристик электроакустического преобразования вдоль рабочей поверхности матрицы. Сборка пьезоэлементов требует специального приспособления (рамки-магазина) и герметизации межэлементных пазов перед заливкой демпфирующим компаундом.

Индивидуальная распайка не обеспечивает однородности параметров.

Наиболее рациональным является способ, предполагающий нарезку пьезоэлементов из монолитной пьезопластины, следующим образом:

В пластине пьезоматериала, с заранее нанесенными на нее электродами (рисунок 1), прорезаются пазы (определенной ширины, глубиной  $\frac{3}{4}$  от толщины пластины) через расстояние равное размеру элементарного преобразователя матрицы. Далее идет индивидуальная распайка элементарных пьезоэлементов и заполнение паза клеевым веществом. Верхняя монолитная часть датчика припаивается к минусу.

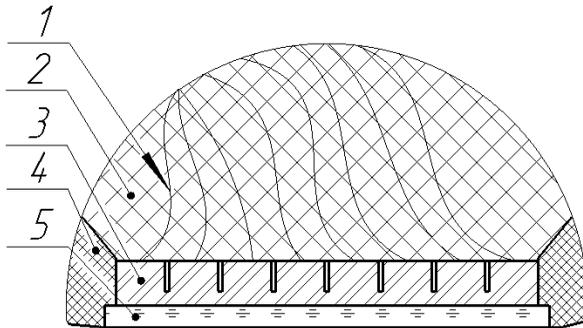


Рисунок 1 – Конструкция датчика

- 1 – Соединительные провода;
- 2 – Демпфер;
- 3 – Пьезопластина;

- 4 – Корпус датчика;
- 5 – Согласующий слой;

Данный метод производства пьезопреобразователя выбран не случайно, так как включает в себя нанесение электродов на пьезоэлемент и резку на одном этапе производства, что в свою очередь упрощает работу с пьезоматрицей на последующих этапах конструирования датчика.

В статье было рассмотрено производство ультразвукового датчика, выбор и обоснование безопасных для человека материалов. Требования безопасности, предъявляемые при производстве датчиков высокие, именно поэтому необходимо использовать современные материалы с требуемыми параметрами.

#### Библиографический список:

1. Минздрав: в 2016 году смертность от заболеваний сердца и сосудов снизилась на 17,7% [Электронный ресурс]/Под ред. А. Сенищук М.: Общероссийская газета независимых журналистских расследований «Наша версия», – Режим доступа: <https://versia.ru/minzdrav-v-2015-godu-smertnost-ot-zabolevanij-serdca-i-sosudov-snizilas-na-177> свободный.

2. Осипов Л.В. Ультразвуковые диагностические приборы – М.:Изомед, 2011.

3. Богуш М.В., Кузьмичева Е.В., Пикалев Э.М., Богуш А.М. Пьезоэлектрические акустические преобразователи и ультразвуковые расходомеры газа на их основе / М.В. Богуш// Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2010. – С. 21-24.

4. Мухарлямов, Н.М. Клиническая ультразвуковая диагностика / Н.М. Мухарлямов. – М. : Медицина – 1987. – Т.1.

4. Бертольд Блок. УЗИ внутренних органов – М.: МЕДпресс-информ, 2016.

**Нерук Валерий Юрьевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: [polenkov@sfedu.ru](mailto:polenkov@sfedu.ru), 347922, г. Таганрог ул. Шевченко, д. 2 корп. «Е», тел. 8 (8634) 37-17-95, магистрант.

**Вишневецкий Вячеслав Юрьевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: [vuvishnevetsky@sfedu.ru](mailto:vuvishnevetsky@sfedu.ru), 347922, г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2 корп. «Е», тел. 8 (8634) 37-17-95, к.т.н., доцент.

***Секция 3: Нанотехнологии в экологии, новые экологически чистые технологии и источники энергии***

УДК 66.067.8.081.3

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ МЕДИ (II) В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

*Гаджиева В.А., Мирошниченко Ю.С., Мясоедова Т.Н.*

Южный федеральный университет

e-mail: tnmyasoedova@sfedu.ru

В данной работе исследована сорбционная активность гуминовых веществ, а именно модифицированного «Гумата-80» и «Гумата-ГК» производства ОАО «Аграрные технологии» (г. Иркутск), по отношению к ионам меди (II) в динамических условиях. Установлено, что исследуемые гуминовые вещества, используемые в качестве фильтрующей загрузки, очищают растворы с высоким содержанием меди (II) достаточно эффективно.

Гуминовые вещества, ионы тяжелых металлов, ионы меди, сточные воды, сорбция, сорбционная активность, модификация, динамические условия.

**APPLICATION OF PREPARATIONS ON THE BASIS OF HUMIN SUBSTANCES FOR WATER TREATMENT FROM COPPER IONS (II) IN DYNAMIC CONDITIONS**

*Gadzhiyeva V.A., Miroshnichenko YU.S., Myasoyedova T.N.*

Southern Federal University

e-mail: tnmyasoedova@sfedu.ru

In this paper we present investigation of the sorption activity of humic substances «Gumat-80» and «Gumat-GK» produced by Agrarian Technologies (Irkutsk), in relation to copper (II) ions under dynamic conditions. It has been established that the investigated humic substances used as a resin charge purify solutions with a high content of copper (II) amply efficiently.

Humic substances, heavy metal ions, copper ions, wastewater, sorption, sorption activity, modification, dynamic conditions.

В настоящий момент важной экологической проблемой является загрязнение поверхностных вод ионами тяжелых металлов, которые представляют собой серьезную опасность ввиду их биологической активности, а также, патогенного, мутагенного и канцерогенного воздействия на живые организмы. При попадании ионов тяжелых металлов в водоемы у большинства низших организмов происходит нарушение развития при концентрации некоторых ионов тяжелых металлов от 0,01 до 0,1 мг/л, а гибель в некоторых случаях отмечалась уже при концентрации 0,02 мг/л [1]. Основным источником поступления тяжелых металлов в водоемы являются сточные воды электрохимических производств, которые имеются почти на всех предприятиях приборо- и машиностроения.

Одним из наиболее опасных источников загрязнения поверхностных вод ионами тяжелых металлов является гальваническое производство. Не смотря, на то, что постоянно совершенствуются старые и создаются новые технологии очистки промышленных стоков, гальваническое производство остается одним из наименее экологичных производств [2]. Данное производство отличается большим водопотреблением воды высокого качества и сбросом довольно большого количества отходов. Средний расход свежей воды составляет от 30 до 50% от общего расхода на предприятии. Средний объем сточных вод, которые образуются на одном только гальваническом производстве, составляет 600-800 м<sup>3</sup>/сут.

Достаточно высокий интерес вызывает очистка промышленных стоков от ионов меди (II). Повышение количества меди в организме человека может спровоцировать различные воспалительные заболевания, образование злокачественных опухолей (преимущественно в прямой кишке), а также проблемы с почками. Так же избыток меди в организме человека может стать причиной шизофрении, инфаркта миокарда, бронхиальной астме, пневмонии или хроническому бронхиту [3].

Для очистки промышленных стоков от тяжелых металлов применяют различные методы очистки, такие как ионообменный, электромагнитный, электрохимический и сорбционный методы. Наиболее распространенным методом является сорбционный.

Сорбционный метод пользуется достаточно высокой популярностью для извлечения тяжелых металлов в связи с высокой эффективностью очистки и отсутствием вторичных загрязнений. Сорбенты могут поглощать из водных растворов металлы фактически до любых остаточных концентраций [4].

Процесс сорбции в динамических условиях осуществляется в адсорберах различной конструкции. При использовании гранулированных сорбентов очистка воды от загрязняющих веществ производится в аппаратах с плотным, взрыхленным движущимся и псевдосжиженным слоем. Однослойные и многослойные адсорберы с плотным слоем сорбента работают с нисходящим и восходящим потоком воды, по последовательной и параллельной схемам [5].

Для очистки сточных вод в промышленности используются довольно разнообразные сорбенты. В настоящее время, наиболее приоритетным направлением является получение относительно дешевых сорбентов, полученных на базе отходов промышленных производств, поскольку в этом случае происходит повторное использование отходов.

Угольная промышленность является довольно активным источником загрязнения окружающей среды. Добыча угля влечет за собой образование большого числа отвалов, которые являются источником загрязнения воздуха не только пылью, а также продуктами горения. В среднем из одного горящего отвала за сутки выделяется 10 тонн окиси углерода, 1,5 тонны сернистого ангидрида и значительное количество примесей других газов. На данный момент существуют различные методики по рекультивации терриконов: тушение, планирование, озеленение. Но данные способы уже являются нерациональными и устаревшими. Наиболее перспективным направлением переработки отходов бурого угля, в настоящий момент является получение гуминовых веществ.

Гуминовые вещества являются сложными, устойчивыми к биодеструкции высокомолекулярными, темноокрашенными органическими соединениями природного происхождения, которые образуются в процессе разложения растительных и животных остатков под воздействием микроорганизмов и абиотических факторов среды [6]. От органического вещества водных и почвенных сред, гуминовые вещества составляют от 60 до 80%.

Гуматы обладают достаточно широким спектром функциональных групп и ароматических фрагментов, которые в сочетании обуславливают способность гуминовых веществ вступать во взаимодействие с различного рода экотоксикантами, в том числе тяжелыми металлами.

Гуминовые вещества являются экологически чистыми, природными сорбентами, обладающими достаточно низкой стоимостью и высокой сорбционной активностью в сравнении с наиболее распространенными аналогами [7]. В настоящий момент изучение строения гуматов, а также исследования, направленные на изучения степени влияния различных факторов на их сорбционную активность, являются достаточно актуальными.

В работе применяли два вида препаратов: «Гумат-ГК» и модифицированный гумат, который был получен химической обработкой препарата «Гумат-80» хлоридом кальция. Коммерческие препараты были произведены в ОАО «Аграрные технологии» (г. Иркутск). Модификация препарата «Гумат-80» производилась путем обработки 2М раствором  $\text{CaCl}_2$ , после чего производился отжиг при  $330\text{ }^\circ\text{C}$  в течение часа. В конечном итоге, полученный материал перетирался до пылеобразного состояния [8]. В результате такой обработки происходит взаимодействие гуматов и водорастворимых гуминовых кислот с ионом кальция, что приводит к образованию слаборастворимого гумата кальция. В работе полученный материал был использован в качестве фильтрующей загрузки.

С целью проведения оценки эффективности очистки медьсодержащего раствора «Гуматом-ГК» и модифицированным «Гуматом-80» в динамических условиях был проведен ряд экспериментов. Фильтровальную колонку загружали 0,4 г гумата, после чего через колонку пропускали 50 мл медьсодержащего модельного раствора с концентрацией 0,7 г/л. Содержание ионов меди в растворах контролировалось йодометрическим методом.

Полученные результаты измерений сорбционной активности препарата «Гумат-ГК» в сравнении с сорбционной активностью модифицированного препарата «Гумат-80» представлены на рис 1.

Результаты измерений, представленные на рис. 1, наглядно демонстрируют, что модифицированный «Гумат-80» обладает наилучшей сорбционной активностью, чем «Гумат-ГК». Это связано

с тем, что величина сорбционной активности напрямую зависит от дисперсности гуминовых веществ [9]. Следовательно, наибольшей дисперсностью обладает модифицированный «Гумат-80».

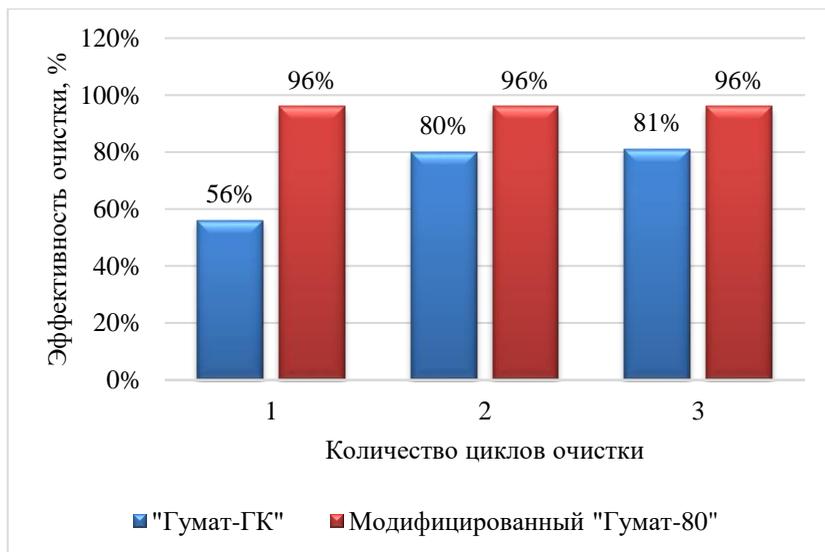


Рисунок 1 – Сравнение эффективности очистки модельного раствора от ионов меди Cu<sup>2+</sup> препаратом «Гумат-ГК» и модифицированным препаратом «Гумат-80» (исходная концентрация ионов меди C<sub>0</sub>( [Cu]<sup>2+</sup> )=0,7 г/л масса гумата m = 0,4 г.)

Таким образом, можно сделать вывод, что исследуемые в работе препараты на основе гуминовых веществ обладают достаточно высокой детоксицирующей способностью по отношению к ионам меди (до 97%). Используемые в качестве фильтрующей загрузки гуминовые вещества, в достаточной степени хорошо очищают растворы с высоким содержанием меди, что позволяет применять их для очистки сточных вод таких промышленных предприятий, как горнодобывающая промышленность, гальванические производства, машиностроительные заводы. Так же, использование модифицированного препарата «Гумат-80» для очистки воды от

ионов меди в динамических условиях наиболее эффективно, чем использование препарата «Гумат-ГК». Данный факт может быть связан с тем, что, наибольшая дисперсность наблюдается у модифицированного препарата «Гумат-80», тогда как наименьшая у препарата «Гумат-ГК».

Библиографический список:

1. Голованова И.Л. Влияние тяжелых металлов на физиолого-биохимический статус рыб и водных беспозвоночных / И.Л. Голованова // Биология внутренних вод. – 2008. – №1. – С. 99 – 108.
2. Алферова Л.А. Использование воды в безотходном производстве. / Л.А. Алферова, В.А. Зайцев, А.П. Нечаев– М.: ВИНТИ, 1990. – 196 с
3. Грушко Я.М. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах / Я.М. Грушко. – Л.: Химия, 1979. – 161 с.
4. Алыков Н.М. Сорбционное удаление из воды ионов тяжелых металлов / Н.М. Алыков, А.В. Павлова, Зуй НгуэнКхань // Безопасность жизнедеятельности. – 2010. – № 4. – С. 17–20.
5. Grieves C.G., Crame L.W., D.G. Verandos D.G., Wei-Chi-Ying. Powdered versus granular carbon for oil rafmery wastewater treatment // Jornal of Water Pollution Control Federation. – 1980. – № 3. – P. 483–497.
6. Роде В.В. Гуминовые препараты из бурых углей месторождений России / В.В. Роде, О.Г. Рыжков// Химия твердого топлива, 1994. – №6. – С 43-49.
7. Роде В.В. Гуминовые препараты из бурых углей месторождений России / В.В. Роде, О.Г. Рыжков// Химия твердого топлива, 1994. – №6. – С 43-49.
8. Sumayya, S. Study of the heavy metal pollution treatment potential of the coal generated humic acid [Text] / S. Sumayya, S. Azhar, M. Majid and A. Kazim// Department of Chemistry, University of Karachi, Karachi-75270, Pakistan
9. Chen H, Berndtsson R, Ma M, Zhu K (2009). Characterization of insolubilized humic acid and its sorption behaviors. Environmentalgeology, 57:1847–1853.

**Мясоедова Татьяна Николаевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, Кафедра техносферной безопасности и химии; e-mail: [tnmyasoedova@sfedu.ru](mailto:tnmyasoedova@sfedu.ru); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634) 371-657, к.т.н., Доцент

**Гаджиева Виктория Александровна**, ФГАОУ ВО «Южный Федеральный университет», Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, Кафедра техносферной безопасности и химии; e-mail: [tnmyasoedova@sfedu.ru](mailto:tnmyasoedova@sfedu.ru); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634) 371-657, Аспирант

**Мирошниченко Юлия Сергеевна**, ФГАОУ ВО «Южный Федеральный университет», Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, Кафедра техносферной безопасности и химии; e-mail: [tnmyasoedova@sfedu.ru](mailto:tnmyasoedova@sfedu.ru); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8(8634) 371-657, Аспирант

УДК 331.45

**МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ  
ЭКЗОГЕННО ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
СЕВЕРНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА  
АЗОВСКОГО МОРЯ**

*Воротов А.В., Пушкина А.А., Короткова О.И.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: [okorotkova@sfedu.ru](mailto:okorotkova@sfedu.ru)

Работа посвящена установлению причин деструктивных процессов на северном побережье Таганрогского залива Азовского моря в районе с. Весело-Вознесеновка и прогнозу интенсивности обрушения северного побережья Таганрогского залива.

Методологической основой послужили публикации таких авторов, как Вишневецкий В.Ю.; Востриков А.В.; Хрусталева В.Н., прохождение преддипломной практики в ФГУ «Азовморинформцентр» и непосредственное участие в нивелировке береговой линии в районе створов №1-5.

В работе рассмотрены основные факторы, влияющие на процессы обрушения береговой полосы, методы ведения

мониторинга береговой полосы, виды и методы прогнозирования, представлена общая характеристика состояния берега. Произведен прогноз обрушения береговой линии.

Актуальность выбранной темы заключается в распространении абразионных обвально-оползневых процессов в береговой зоне Азовского моря, которые оказывают негативное воздействие на водный объект и провоцируют чрезвычайные ситуации в связи с разрушением прилегающих строений и сооружений.

Интенсивность процессов связана с быстроизменяющимися факторами и особенностями гидродинамического режима Азовского моря и подземных вод, метеорологическими факторами (ветровой режим), геологическими и морфометрическими особенностями берегового склона. В качестве антропогенного фактора развития процессов выступает динамическая нагрузка у берегов, вызванная хозяйственной деятельностью (распашка, застройка, несогласованное изъятие песка и других общераспространенных полезных ископаемых).

В случае подтверждения полученных прогнозных данных при выполнении в 2018г. в районе с. В-Вознесенка геодезические исследования на 5-ти створах реперным методом, предложенный вариант составления прогнозов развития негативных ЭГП может быть использован и в дальнейшем. Увеличение рядов наблюдений будет также способствовать повышению точности прогнозов.

Берег, склон, разрушение, репер, прогноз, факторы, залив.

**MONITORING AND FORECASTING DEVELOPMENT OF  
EXOGENOUS GEOLOGICAL PROCESSES IN THE  
NORTHERN COAST OF THE TAGANROGA GULF OF THE  
AZOV SEA**

*Vorotov A. V., Pushnina A. A., Korotkova O. I.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics  
and Equipment Engineering  
e-mail: okorotkova@sfnu.ru

Work is devoted to the establishment of the causes of destructive processes on the northern coast of the Taganrog Gulf of the Azov Sea in

the area of Veselo-Voznesenovka and to the forecasting of the collapse intensity of the Taganrog Gulf northern coast.

The methodology bases on the publications of such authors as Vishnevetsky V.Yu ., Vostrikov A.V., Khrustalev V.N., the pre-diploma practice at the FGA«Azovmorinformtsentr» and the participation in the leveling of the coastline in the area of trunks № 1-5.

In the paper there are considered the main factors influencing the shoreline collapse, the methods of the shoreline monitoring, the types and methods of forecasting. The general characteristic of the coast state is presented. The forecast for the shoreline collapse is made.

The relevance of the chosen topic is the spread of abrasion landslide processes in the coastal zone of the Azov Sea, which have a negative impact on the water body and provoke emergency situations due to the destruction of adjacent buildings and structures.

The intensity of the processes is associated with the rapidly changing factors and features of the hydrodynamic regime of the Azov Sea and groundwater, meteorological factors (wind regime), geological and morphometric features of the coastal slope. As an anthropogenic factor in the development of processes, the dynamic load at the coast is caused by economic activity (plowing, construction, uncoordinated seizure of sand and other common mineral resources).

In the case of confirmation of the received forecast data when performed in 2018. in the area of with. V-Voznesenka geodetic surveys on 5 sites using the reference method, the proposed version of forecasting the development of negative EGP can be used in the future. Increasing the series of observations will also help to improve the accuracy of forecasts.

Coast, slope, destruction, reference, forecast, factors, bay.

Геологическое строение берегов Азовского моря своеобразно во многих отношениях, включая механизмы формирования береговой зоны. Среди уникальных геоморфологических свойств берегового склона – наличие аккумулятивных образований в виде кос, состояние которых в значительной мере определяется абразией и балансом осадочного вещества различного происхождения [1].

В целом Азовскому морю свойственна высокая динамичность природных процессов. В последнее десятилетие на северном побережье моря в связи с уникальным сложением берега и

усилением антропогенного вмешательства в естественный режим питания залива, наблюдается обострение геоморфологических процессов: усиление абразии, размыв пляжей в береговой зоне, активизацию обвально-оползневых процессов.

Негативные изменения состояния берегов и пляжей, а, кроме того, разрушение зданий и коммуникаций в береговой зоне наносят ощутимый экологический и экономический ущерб [2].

Определение причин разрушения берегов Азовского моря заключаются в изучении динамического воздействия антропогенных факторов, а также развития экзогенных геологических процессов.

Исследуемый участок северного побережья Таганрогского залива, расположен в районе с. Весело-Вознесенка Неклиновского района Ростовской области.

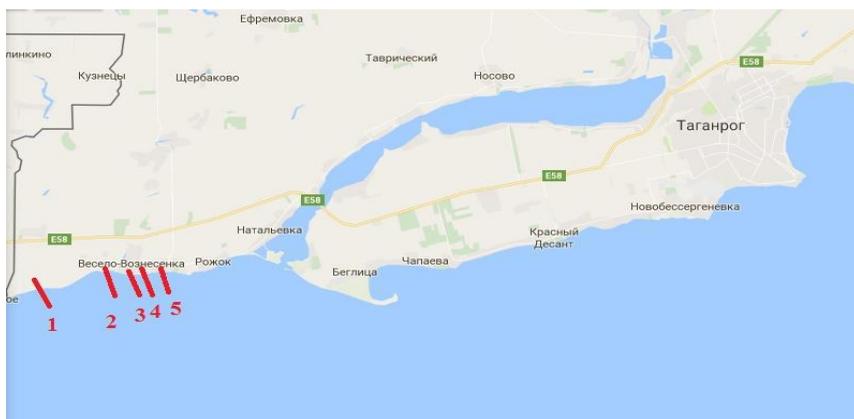


Рисунок 1 – Расположение створов №1-5 в районе с. Весело-Вознесенка

Для ведения регулярных наблюдений за развитием береговых процессов в 2012 г. на данной местности были закреплены створы наблюдения посредством установления реперов на указанных на рисунке 1 участках.

На участке в районе с. Весело-Вознесенка количество створов составило 5, количество реперов – 9. В период с 2002 г. по 2012 г. наблюдения не были регулярными и проводились с

использованием временных условных створов. Для получения актуальных данных, 3 – 4 мая 2017 года группой инженеров ФГУ «Азовморинформцентр» с участием студентов кафедры техносферной безопасности и химии Южного федерального университета были проведены нивелировочные работы на этом участке.

Изменение структуры земной поверхности является следствием преобразования природных ландшафтов в антропогенные, к ним относятся распашка земель, мелиорация, создание искусственных спусков, строительство, добыча стройматериалов [3].

В районе створа №1 производится распашка вблизи береговой линии, вблизи лесополосы расстояние до крайней точки берега варьируется в пределах 15-20 м, в конце лесополосы расстояние до кромки берега может достигать значений 1-5 метров.

Эти явления провоцируют ряд негативных факторов:

- нарушение водного стока;
- эрозию, сопровождающуюся потерей гумуса.

Распашка территории, полевые лесонасаждения, мероприятия, проводимые по повышению плодородия почв, вносят изменения в структуру водного баланса и тем самым влияют на сток, главным образом в результате изменений водно-физических свойств почв. Многие мероприятия, преследующие цель повышения биологической продуктивности полей, состоят в регулировании почвенной влаги: увеличении влаги в почве путем задержания поверхностного стока или орошении в засушливых районах и ослаблении переувлажнения в районах избыточного увлажнения путем осушения.

Проведение работ с почвой в непосредственной близости (в пределах 5-10 метров) от берега наносят ей прямой вред. Постоянное давление спецтехники, а также прокопы с помощью мотоблоков, давят на слои грунтов, вследствие чего можно наблюдать сползание грунта.

На участке створа № 2 искусственно прорублен проход к морю, ширина которого составляет, порядка 2-3м, в результате проведения работ с грунтом вблизи уступа берега, а также физического вмешательства в структуру берега провоцируются оползневые процессы.

На участке № 3 расстояние от кромки берегового склона до фундамента разрушенного жилого дома на ул. Октябрьская, 140 на момент обследования составляет 6,5 м.

За период с сентября 2016 г. по май 2017 г. бровка берегового склона передвинулась вглубь суши на 1,9 м.

Участок № 4. В октябре 2009 г. расстояние от репера до кромки обрыва составляло 58,2 м.

С сентября 2016 по май 2017 года перемещение бровки берегового склона составило 4,5 м.

За весь период наблюдения с октября 2012 г. по май 2017 г. береговая линия продвинулась вглубь суши на 12,2 м.

Расстояние от кромки обрыва до ближайшего жилого строения по улице Садовой к кромке обрыва, составляет порядка 7 м. До разрушенной хозпостройки около 3 м.

Участок №5. Измерения проводятся на местности от фундамента до кромки обрыва и составили 4,5 м. Изменений по перемещению бровки берегового склона с сентября 2016 г. по май 2017 г. не наблюдалось.

Так же стоит отметить волновое разрушения береговой полосы, основными причинами которого являются:

- Пространственная неравномерность
- Дефицит наносов

Волновое разрушение обвальных берегов вершины Таганрогского залива происходит в основном в условиях высоких нагонов, вызываемых юго-западными и западными волнениями. При ветрах восточной четверти уровень залива падает до 1,5 – 2,0 м. Не только береговые обрывы, но и пляжи, и значительная часть подводного берегового склона (у г. Таганрог до 3 – 5 км) выходит из сферы волнового воздействия.

Анализ данных наблюдений за волновым разрушением обвальных берегов показывает, что среднемноголетние скорости размыва берегов Таганрогского залива распределены вдоль оси залива неравномерно.

В настоящей работе для прогнозирования негативных экзогенных геологических процессов (ЭГП) на рассматриваемом участке применена методология с использованием логического (метод экспертных оценок) и формализованного (экстраполирование) подходов.

В качестве логического выбран метод экспертных оценок, период – краткосрочный, масштаб прогнозирования – локальный. Основанием для этого выбора послужило отсутствие достаточно длительных рядов наблюдений (только 5 лет), невозможность использования метода аналогии из-за большого количества факторов воздействия на склон и иные условия, изложенные выше. Прогноз был составлен на предстоящий год и в качестве процессоопасного сезона выбран весенне-осенний период. [6]

В качестве формализованного предпринята попытка экстраполяции имеющихся данных при тех же прочих условиях, период – краткосрочный, масштаб прогнозирования – локальный.

Исходными данными для обоих методов послужили наблюдения ФГБУ "Гидроспецгеология" и ФГУ «Азовморинформцентр».

Прогноз негативных ЭГП разработан на основании данных об инженерно-геологических условиях, материалов о распространении, активности и масштабах проявлений абразионно и обвально-оползневых процессов на территории исследуемого участка Таганрогского залива Азовского моря.

Прогноз включает в себя рассмотрение ожидаемой активности береговых процессов в опасный период.

Прогнозная оценка давалась отдельно для каждого створа исследуемого участка. При этом учитывались выявленные ранее пространственно-временные закономерности развития проявлений процессов: тенденция развития береговых процессов в течении 2012-2017г., гидрометеорологические и техногенные факторы. Прогнозная оценка включила характеристику предполагаемой активности береговых процессов на территории Таганрогского залива Азовского моря в Неклиновском районе Ростовской области. При этом оценивалась прогнозная степень активности участков створов, тенденция его развития на прогнозируемый период, их морфометрические и динамические характеристики, последствия воздействия опасных проявлений береговых процессов на хозяйственные объекты населенного пункта.

Анализ ежегодных отчетов о прогнозировании ЭГП, опубликованных филиалом ФГБУ «Гидроспецгеология» (Южный региональный центр государственного мониторинга состояния недр) за 2012-2017 г.г., и данных полученных в результате

нивелировки на северном побережье Таганрогского залива в 2017г., а также данных мониторинга ФГУ «Азовморинформцентр» позволил выполнить прогнозную оценку активности негативных ЭГП [8].

Так, Южный региональный центр государственного мониторинга состояния недр рассматривает данные с точки зрения влияния эрозионных процессов на структуру грунта береговой линии, а ФГУ «Азовморинформцентр» рассматривает процесс эрозии с точки зрения влияния на водный объект и ведет мониторинг состояния берегов с момента заложения реперов в 2012 году. При этом мониторинг состояния морских вод в местах обширного развития ЭГП ведется значительно дольше, на протяжении около 20 лет. В связи с этим для получения актуальной и полной картины происходящего, с целью повышения точности оценки рисков и оправдываемости прогнозов наблюдений необходимо объединить и систематизировать все представленные данные [9].

В методиках принято, что если зафиксированная при наблюдениях степень активности процесса полностью соответствовала прогнозируемой, то прогноз оправдался хорошо. Если наблюдавшаяся активность процесса отличалась от прогнозируемой на одну градацию степени активности, то прогноз оправдался удовлетворительно. Во всех остальных случаях принималось, что прогноз не оправдался. Оправдываемость составленных прогнозов зависит также и от того, насколько оправдывается метеорологический прогноз [7].

Согласно прогнозу ФГБУ "Гидроспецгеология» для участка «Весело-Вознесенский» проявления оползневого процесса стабилизировались, существенной активизации процессов не прогнозируется на 2016-2017 год. Прогноз выполнялся методом экспертных оценок на основе данных ГМ ЭГП [8].

Сравнивая эти данные с результатами, полученными при наблюдении на 5 створах в составе группы ФГУ «Азовморинформцентр», видно, что оправдываемость прогноза низкая. Так в частности для створов №3-4 продвижение береговой линии имеет критические значения 1,9 м и 4,5м соответственно, а для створа №2 составила 0,4 м, что именуется умеренным значением. На основании чего предположили, что в совокупности

эти данные могут повысить точность прогнозов развития ЭГП и оценить экологические последствия.

Как указано выше, помимо метода экспертных оценок было принято решение в настоящей работе выполнить прогноз для данного участка, используя экстраполяционный метод.

При прогнозировании использовались следующие деления степени активности:

- активность очень высокая, выражается в массовой активизации проявлений процессов (более 50 % от общего числа) и образовании многочисленных новых проявлений;
- активность высокая, выражающаяся в активизации проявлений процессов (25 – 50 % от общего числа) и образовании некоторого количества новых проявлений;
- активность средняя, выражающаяся в активном развитии некоторого числа проявлений процессов (10 – 25 % от общего числа) и образовании отдельных новых проявлений;
- активность низкая (активное развитие ожидается для менее 10 % ранее зафиксированных проявлений) [7].

Ниже на рисунках представлены графики по каждому из 5-ти створов (рис.2-6).



Рисунок 2 – Прогнозирование динамики обрушения берега на створе №1

Представлен график экстраполяции для створа №1. Линейный фильтр чисел говорит нам о том, что динамика в период с 2014 года по 2015 год является умеренной и составляет менее 1 метра. В дальнейшем, с 2015 года по 2017 год процесс обрушения нормализовался. Учитывая максимальное продвижение береговой линии, равное 1 м, и среднегодовое изменение за весь период с 2012 по 2017 год, составляющие 0,32 м, можно сделать вывод о том, что вероятность обрушения в 2018 года ожидается низкая.

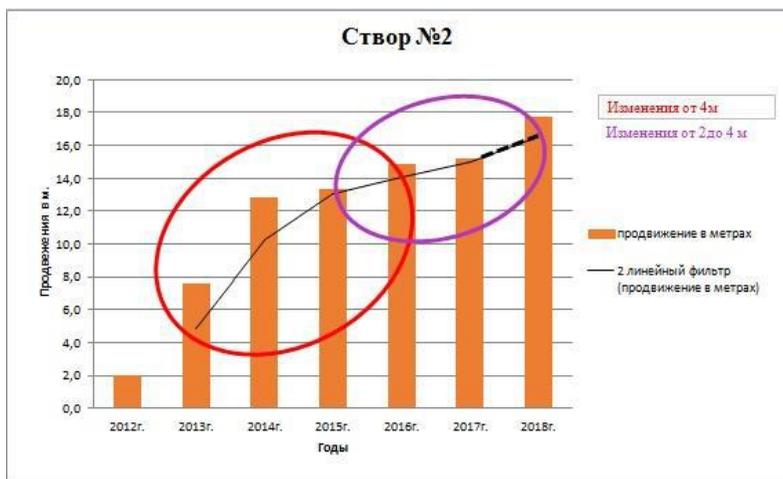


Рисунок 3 – Прогнозирование динамики обрушения берега на створе №2

Представлен график экстраполяции для створа №2. Линейный фильтр чисел говорит нам о том, что динамика в период с 2013 года по 2015 год является высокой и составляет порядка 6 метров. В дальнейшем, с 2015 года по 2017 год, процесс обрушения имеет среднее показатели чуть больше 2 метров. Учитывая максимальное продвижение береговой линии, равное 5,6 м, и среднегодовое изменение за весь период с 2012 по 2017 год, составляющее 2,54 м, можно сделать вывод о том, что вероятность обрушения в 2018 года ожидается очень высокая.

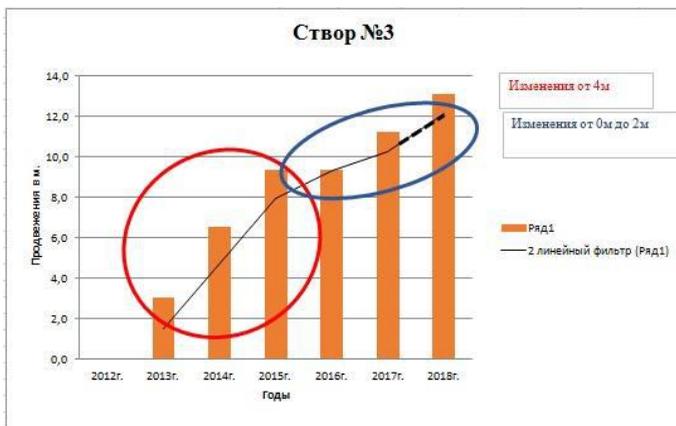


Рисунок 4 – Прогнозирование динамики обрушения берега на створе №3

Представлен график экстраполяции для створа №3. Линейный фильтр чисел говорит нам о том, что динамика в период с 2013 года по 2015 год является высокой и составляет порядка 5 метров. В дальнейшем с 2015 года по 2017 год процесс обрушения имеет среднее показатели, чуть менее 2 метров. Учитывая максимальное продвижение береговой линии, равное 3,5 м, и среднегодовое изменение за весь период с 2012 по 2017 год, составляющее 1,87 м, можно сделать вывод о том, что вероятность обрушения в 2018 года ожидается средняя.



Рисунок 5 – Прогнозирование динамики обрушения берега на створе №4

Представлен график экстраполяции для створа №4. Линейный фильтр чисел говорит нам о том, что динамика в период с 2013 года по 2015 год является средней и составляет порядка 3 метров. В дальнейшем, с 2015 года по 2017 год процесс обрушения имеет высокие показатели, более 4 метров. Учитывая максимальное продвижение береговой линии, равное 4,5 м, и среднегодовое изменение за весь период с 2012 по 2017 год, составляющее 1,72 м, можно сделать вывод о том, что вероятность обрушения в 2018 года также ожидается высокая.

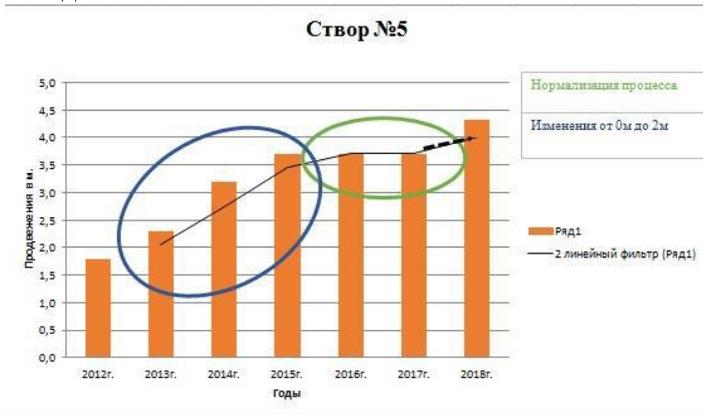


Рисунок 6 – Прогнозирование динамики обрушения берега на створе №5

Представлен график экстраполяции для створа №5. Линейный фильтр чисел говорит нам о том, что динамика в период с 2014 года по 2015 год является умеренной и составляет 1,8 метра. В дальнейшем, с 2015 года по 2017 год процесс обрушения нормализовался. Учитывая максимальное продвижение береговой линии, равное 1,8 м, и среднегодовое изменение за весь период с 2012 по 2017 год, составляющее 0,62 м, можно сделать вывод о том, что вероятность обрушения в 2018 года низкая.

Степень активности прогнозируемых процессов ожидается на среднем уровне. Наряду с этим на отдельных участках (створы №2 и №4) идет активизация абразионных и обвальнo-оползневых процессов. Прогнозируемая активность на этих участках очень высокая и высокая соответственно.

Интенсивность процессов связана с быстроизменяющимися факторами и особенностями гидродинамического режима Азовского моря и подземных вод, метеорологическими факторами (ветровой режим), геологическими и морфометрическими особенностями берегового склона. В качестве антропогенного фактора развития процессов выступает динамическая нагрузка у берегов, вызванная хозяйственной деятельностью (распашка, застройка, несогласованное изъятие песка и других общераспространенных полезных ископаемых).

Чрезвычайные ситуации наиболее вероятны в районе участка, на котором расположен створ №2. Вместе с тем, при неблагоприятном развитии метеорологической обстановки могут наблюдаться разрушительные воздействия на наблюдательном створе №4.

Полученные прогнозные данные хорошо коррелируются с геологическим прогнозом на 2018г. и наблюдениями с использованием стационарных реперов.

В случае подтверждения полученных прогнозных данных при выполнении в 2018г. в районе с. В-Вознесенка геодезических исследований на 5-ти створах реперным методом, предложенный вариант составления прогнозов развития негативных ЭГП может быть использован и в дальнейшем. Увеличение рядов наблюдений будет также способствовать повышению точности прогнозов.

#### Библиографический список

1. Антоненко, М.В. Современная морфология и динамика компонентов береговой зоны юго-восточной части Азовского моря; Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / М.В. Антоненко; Кубанский государственный университет. – Краснодар, 2011. – С. 29.

2. Хромов, С.П. Метеорологический словарь / С.П. Хромов, Л.И. Мамонтова. – 3-е изд. перераб. и доп. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 568 с

3. Рекреационное использование территорий и охрана лесов. /Нефедова В.Б., Смирнова Е.Д., Чижова В.П., Швидченко Л.Г./М.; "Лесная промышленность", 1980. 184 с.

4. Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. N 74-ФЗ (ВК РФ) // Собрание законодательства РФ. – 2006. – N 23. – С. 2381

5. Ситаров, В.А. Социальная экология / В.А. Ситаров, В.В. Пустовойтов. –М. : Академия, 2000. – 280 с.

6. Симанков В.С., Бучацкая В.В., Выбор методов прогнозирования при исследовании сложных систем. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vybor-metodov-prognozirovaniya-pri-issledovanii-slozhnyh-sistem>

7. Заковоротнов Е.А., Дегтярева Е.Е. Структура системы мониторинга и прогнозирования состояния акватории Таганрогского залива // Известия ЮФУ. – 2011.

8. Прогноз развития экзогенных геологических процессов по территории Российской Федерации на 2016-2017 г 2016. / ФГУП «Гидроспецгеология», Центр ГМСН, М., 2016 г. – С. 71.

9. Технический отчет о проведении работ по наблюдению за береговыми процессами Азовского моря на территории Ростовской области и Краснодарского края 2016. / ФГУ «Азовморинформцентр». Таганрог 2014. – С. 120.

**Воротов Александр Владимирович**, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»; e-mail: alexv9581@gmail.com; 347916, г. Таганрог, ул., Театральная 21; тел.: 8(928)613-37-27; кафедра техносферной безопасности и химии; магистрант.

**Пушнина Анастасия Алексеевна**, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»; e-mail: a.pushnina@gmail.com; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 8(928)613-30-17; кафедра систем автоматического управления; магистрант.

**Короткова Оксана Игоревна**, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет»; e-mail: okorotkova@sfn.ru; г. Таганрог, ул. Бакинская, 64 -13 тел.: 8(938)145-58-35, кафедра техносферной безопасности и химии; к.т.н, доцент.

***Секция 4: Экологический мониторинг биосферы, системы и методы предупреждения и защиты при чрезвычайных ситуациях***

УДК 554

**К ВОПРОСУ ВЫБОРА МЕТОДА АНАЛИЗА  
ВЫДЫХАЕМЫХ ГАЗОВ**

*Соловьев В.А., Вишневецкий В.Ю.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: solovev.vadim@lenta.ru, vuvishnevetsky@sfedu.ru

В работе раскрывается актуальность дистанционного исследования выдыхаемых газов и поиска конкретных веществ (этанол, аммиак) с помощью ИК спектроскопии. Приведен обзор существующих методов дистанционного исследования состава выдыхаемого воздуха, приведено объяснение выбора конкретного метода (ИК спектроскопия).

Выдыхаемый воздух, анализ газовых смесей, газоанализаторы, спектроскопия, состав газовой пробы вещества.

**TO THE QUESTION OF THE SELECTION OF THE METHOD  
OF ANALYSIS OF THE EXHAUST GASES**

*Soloviev V.A., Vishnevetsky V.Yu.*

*Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics  
and Equipment Engineering*  
e-mail: solovev.vadim@lenta.ru, vuvishnevetsky@sfedu.ru

In this work is carried out to develop a model for the analysis of exhaled air by means of IR spectroscopy. The analysis of existing methods for studying the composition of exhaled air.

The exhaled air, the analysis of gas mixtures, gas analyzers, spectroscopy, the composition of the sample gas substances.

В работе рассмотрена такая область неинвазивной медицинской диагностики как анализ выдыхаемого воздуха, которая очень активно развивается в последнее время. Более того,

рассматривается метод, позволяющий выполнять такой анализ удаленно. Раскрывается состав выдыхаемого газа, сложности в детектировании искомых компонентов (этанол, аммиак). Приведен пример подбора составляющих анализатора для конкретных детектируемых компонентов.

Решение задачи по выявлению содержания алкоголя и наркотических компонентов в выдыхаемом субъектом воздухе, сводится к задаче по детектированию следов газообразных веществ в локальной зоне воздушной среды. Данная задача относится к числу наиболее сложных задач газового анализа, что обусловлено малыми концентрациями искомых веществ и напротив, высоким содержанием соединений, препятствующих анализу.

Перед тем, как определить необходимые характеристики метода, определим из чего состоит анализируемый газ (выдыхаемый воздух).

Атмосферный воздух, поступающий в легкие во время вдоха, называется вдыхаемым воздухом; воздух, выделяемый наружу через дыхательные пути во время выдоха, – выдыхаемым. Выдыхаемый воздух – это смесь воздуха, заполнявшего альвеолы, – альвеолярного воздуха – с воздухом, находящимся в воздухоносных путях (в полости носа, гортани, трахеи и бронхов). Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха в нормальных условиях у здорового человека довольно постоянен и определяется следующими цифрами (табл. 1) [1].

Таблица 1 – Состав вдыхаемого, выдыхаемого и альвеолярного воздуха в нормальных условиях

	Кислород, %	Углекислый газ, %	Азот и другие газы, %
Вдыхаемый воздух	20,94	0,03	79,03
Выдыхаемый воздух	16,3	4,0	79,7
Альвеолярный воздух	14,2	5,2	80,6

Данные цифры могут несколько колебаться в зависимости от различных условий (состояние покоя или работы и др.). Но при всех

условиях альвеолярный воздух отличается от вдыхаемого значительно меньшим содержанием кислорода и большим содержанием углекислого газа. Это происходит в результате того, что в легочных альвеолах из воздуха поступает в кровь кислород, а обратно выделяется углекислый газ.

Газообмен в легких обусловлен тем, что в легочных альвеолах и венозной крови, притекающей к легким, давление кислорода и углекислоты различно: давление кислорода в альвеолах выше, чем в крови, а давление углекислого газа, наоборот, в крови выше, чем в альвеолах. Поэтому в легких и осуществляется переход кислорода из воздуха в кровь, а углекислоты – из крови в воздух. Такой переход газов объясняется определенными физическими законами: если давление какого-нибудь газа, находящегося в жидкости и в окружающем ее воздухе, различно, то газ переходит из жидкости в воздух и наоборот, пока давление не уравнивается.

Помимо того, что используемый метод должен быть высокочувствительным, точным, быстродействующим и обеспечивающим селективность обнаружения, он должен предполагать работу на значительном расстоянии и в условиях скрытности. Учитывая это, лишь немногие физико-химические методы регистрации качественного и количественного состава выдыхаемого воздуха могут быть применимы в этой области. К таким методам можно отнести электрохимических сенсоры, оптические датчики и ИК-спектроскопию [2].

Методы на основе электрохимических датчиков базируются на химической реакции анализируемого газа с электролитом, приводящей к возникновению заряженных ионов и электрического тока. Величина электрического тока пропорциональна концентрации анализируемого компонента в пробе. Существует два вида газовых датчиков, способных обнаруживать примеси паров спирта в воздушной среде – термохимические и полупроводниковые.

Термохимические датчики применяются в основном для обнаружения выхлопных газов, а именно – оксида углерода (СО), но возможно их применение и для анализа на содержание паров этанола, так как они реагируют на все горючие газы.

Полупроводниковые датчики работают по принципу изменения электрического сопротивления некоторых

полупроводниковых материалов, возникающего в результате адсорбции газа.

К достоинствам полупроводниковых датчиков следует отнести их невысокую стоимость и простую схему включения. К недостаткам – короткое время непрерывной работы (около 1 года) вследствие расходования рабочего слоя, вступающего во взаимодействие с контролируемым веществом, а также малая чувствительность, низкая селективность анализа [3].

Работа оптических датчиков основана на зависимости ряда оптических свойств среды, как, коэффициент преломления, коэффициент отражения, от концентрации кислорода.

При наличии в выдыхаемом воздухе веществ с совпадающими спектральными характеристиками проблема точного измерения качественного и количественного составов исследуемой среды становится актуальной. Кроме того, конструктивные и функциональные особенности оптических и электрохимических датчиков не позволяют точно оценивать концентрацию химических соединений выдыхаемого воздуха помимо кислорода и углекислого газа, а также требуют наличие громоздкого оборудования для проведения исследований [3].

Наиболее подходящим для решения поставленной задачи является применение абсорбционной ИК – спектроскопии, основанной на существовании определенной функциональной зависимости между концентрацией вещества в поглощающей среде и одним из параметров, характеризующих спектральную линию поглощения. Данный метод лишен недостатков вышеописанных способов, кроме того он является бесконтактным (следовательно, возможна скрытая оценка) и исключает фальсификацию результатов.

Метод анализа смеси с помощью ИК спектроскопии заключается в следующем. При пропускании инфракрасного излучения через вещество происходит возбуждение колебательных движений молекул или их отдельных фрагментов. Однако поглощение происходит не во всём спектре падающего излучения, а лишь при тех длинах волн, энергия которых соответствует энергиям возбуждения колебаний в изучаемых молекулах [5]. Следовательно, длины волн (или частоты), при которых наблюдается максимальное

поглощение ИК-излучения, могут свидетельствовать о наличии в молекулах образца тех или иных функциональных групп.

Для построения математической модели взаимодействия ИК-излучения при прохождении через выдыхаемый субъектом воздух, падении на кожный покров и отражении от него в направлении приемника излучения, необходимо сначала описать объект исследования, его геометрию.



Рисунок 1 – Графическое изображение объекта исследования

Таким образом, анализ интересующих нас компонентов влияет как на выбор источника излучения, так и для приемника, который должен согласовываться в работе с излучателем. Рассмотрим пример их подбора.

Для анализа в работе выбраны 2 типа компонентов – этанол и аммиак. Спектральные полосы поглощения известны. Спектральные линии поглощения этанола в ближнем ИК-спектре лежат в области от 3600 до 3000 (что соответствует диапазону длин волн от 2,77 до 3,33 мкм). Спектральные линии поглощения аммиака в ближнем ИК-спектре лежат в области от 3800 до 3550 (от 2,6 до 2,81 мкм) [6].

Следующим шагом для построения математической модели будет выбор источника излучения, который будет давать излучение в интересующем нас диапазоне. Выбор источника производится по спектральным характеристикам анализируемых веществ (этанола и аммиака). Примером такого излучателя может быть диод серии HSL-EMIRS фирмы Heimann Sensor [4].

Такие полупроводниковые инфракрасные излучатели генерируют излучение в диапазоне от 2 до 14 мкм, тем самым захватывая интересующую область спектра от 2,6 до 3,3 мкм. Для выделения необходимых полос из сплошного спектра возможна установка на них соответствующих интерференционных фильтров [6].

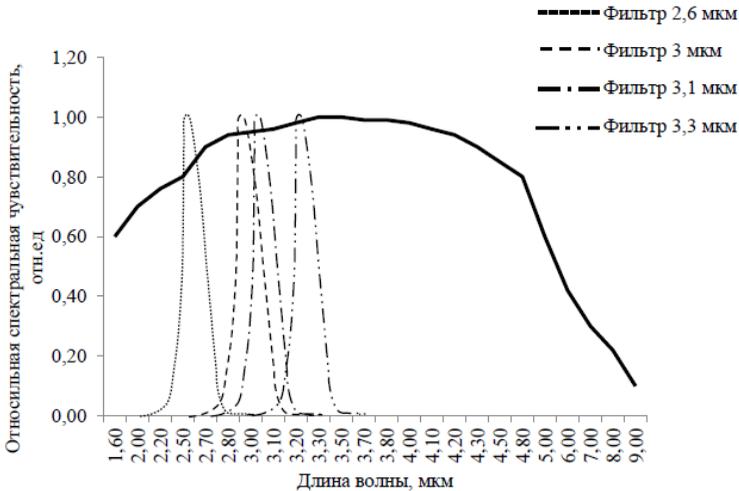


Рисунок 2 – Спектральная характеристика излучателя с установленными фильтрами на 2,6; 3; 3,1; 3,3 мкм.

Для приема отраженных от субъекта потоков излучения достаточно наличие одного детектора. Для решения поставленных задач наиболее перспективно применение фоторезисторов, основанным на внутреннем фотоэффекте.

При использовании излучающего диода в качестве источников излучения выбранный детектор должен обеспечивать: максимальное согласование со спектром излучения источника; высокое быстродействие и чувствительность; прием максимальной информативной доли излучения от источника.

На длинах волн от 2,6 до 3,3 мкм достаточную обнаружительную способностью для решения поставленной задачи обеспечивают детекторы на основе селенида свинца (PbSe) и арсенида индия(InAs).

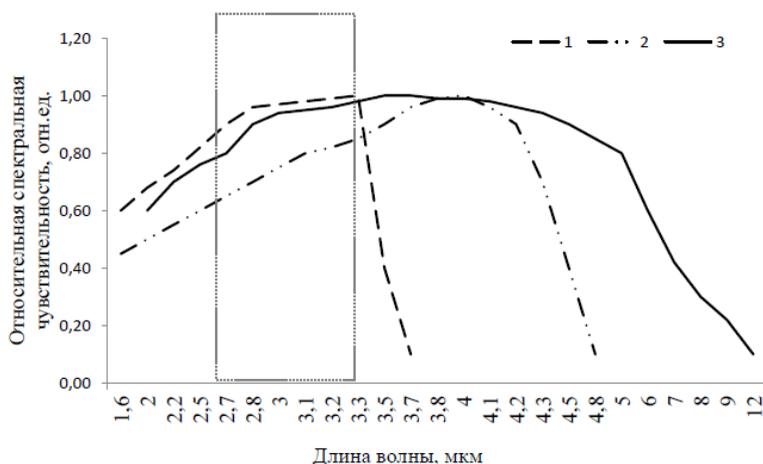


Рисунок 3 – Согласование спектральных характеристик излучателя (1) и фоторезисторов на основе InAs (2) и PbSe (3)

Это один из примеров подбора необходимых излучателя и приемника для конкретно заданных детектируемых веществ. Таким образом, создав модель системы связанных излучателя и приемника, можно с доверительной вероятностью определять присутствие искомых компонентов.

Внедрение такого типа анализа даст возможность более точно оценивать присутствие различных веществ в организме дистанционно и скрытно от субъекта исследования, что повлечет повышение безопасности при выполнении технологических процессов и организации трудовой деятельности.

### Библиографический список

1. Башкатов, А.Н. Биомедицинская оптика и спектроскопия / А.Н. Башкатов, В.В. Любимов, В.В. Тучин// Оптика и Спектроскопия. – 2010. – №2(109). – с. 179.
2. Степанов Е.В., Миляев В.А., Селиванов Ю.Г., Лазерная ортомолекулярная медицинская диагностика, – Успехи физических наук, 2000, т. 170, IVо4, сс. 458-462.
3. "Диодная лазерная спектроскопия", – Москва, 1990, – С. 190-215.

4. Лазерная аналитическая спектроскопия (Под общей редакцией Летохова В.С.)

5. Инфракрасная спектроскопия// [Электронный ресурс]:[https://ru.wikipedia.org/wiki/Инфракрасная\\_спектроскопия](https://ru.wikipedia.org/wiki/Инфракрасная_спектроскопия) // [Дата обращения: 21.12.2016 г.]

6. "Инновации и перспективы медицинских информационных систем" ИПМИС-2016, Ростов-на-Дону, 2016, – С. 107-113.

**Соловьев Вадим Александрович**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: solovev.vadim@lenta.ru; г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2, корп. «Е», тел. 8(8634)37-17-95, магистрант.

**Вишневецкий Вячеслав Юрьевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: vuvishnevetsky@sfnedu.ru; г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2, корп. «Е», тел. 8(8634)37-17-95, к.т.н., доцент.

УДК681.121.89.082

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ И УЧЕТА СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД В БЕЗНАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ**

*Кравчук Д.А., Николаев В.Д.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: kravchukda@sfnedu.ru

Разработан прототип расходомера на базе LABView. Разработанная модель прибора позволяет заранее проектировать функциональные, технические возможности измерителя расхода жидкостей. В работе спроектирован виртуальный прибор для измерения объемного расхода жидкости в безнапорных трубопроводах.

Ультразвук, расходомер.

## DEVELOPMENT OF REMOTE CONTROL AND WASTE CONTROL SYSTEM IN UNLESS PIPELINES

*Kravchuk D.A., Nikolayev V.D.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering  
e-mail: kravchukda@sfedu.ru

A prototype of a flowmeter based on LABView was developed. The developed model of the device allows to design in advance the functional, technical capabilities of a liquid flow meter. A virtual instrument for measuring the volumetric flow rate of liquid in non-pressure pipelines has been designed.

Ultrasound, flowmeter.

Для отслеживания объема сброса сточных вод, которые сбрасываются в окружающую среду, используют расходомеры. Одной из экологических проблем в наше время являются сточные воды. После попадания в различные водоёмы и колодцы сточные воды могут нанести существенный вред экологической ситуации и создать угрозу для жизни и здоровья как людей, так и животных и птиц, обитающих в этом районе.

Время-импульсные расходомеры измеряют разницу во времени прохождения ультразвуковой волны по и против потока жидкости. Такой принцип измерений обеспечивает высокую точность ( $\pm 1\%$ ). При этом он хорошо работает для чистого потока или потока с незначительным содержанием взвешенных частиц. Время-импульсные расходомеры применяются для измерения расхода очищенной, морской, сточной воды, нефти, в том числе сырой, технологических жидкостей, масел, химических веществ, и любой однородной жидкости.

Доплеровский расходомер основан на эффекте Доплера. Он хорошо работает с суспензиями, где концентрация частиц выше 100 ppm и размер частиц больше 100 мкм, но концентрация составляет менее 10%. Такие расходомеры жидкости легче и менее точные ( $\pm 5\%$ ), таким образом, они дешевле, чем время-импульсные расходомеры.

Принцип действия ультразвуковых расходомеров основан на измерении разницы во времени прохождения сигнала. При этом два

ультразвуковых сенсора, расположенные по диагонали напротив друг друга, функционируют попеременно как излучатель и приёмник. Таким образом, акустический сигнал, поочередно генерируемый обоими сенсорами, ускоряется, когда направлен по потоку, и замедляется, когда направлен против потока. Разница во времени, возникающая вследствие прохождения сигнала по измерительному каналу в обоих направлениях, прямо пропорциональна средней скорости потока, на основании которой можно затем рассчитать объёмный расход. А использование нескольких акустических каналов позволяет компенсировать искажения профиля потока.

Другим не столь популярным расходомером является ультразвуковой расходомер с последующей корреляцией (кросс-корреляция). Он позволяет устранить недостатки, свойственные доплеровским расходомерам. Они лучше работают для потока жидкости с твердыми частицами или турбулентного потока газа.

Математическая модель представляет собой виртуальный прибор, созданный в программной среде LabVIEW. Данная среда включает в себя продукцию компании National Instruments, а именно, модульный измерительный комплекс NI PXI – 1042Q.

Модульный измерительный комплекс NI PXI 1042Q предназначен удовлетворения потребностей широкого спектра испытаний. Измерительные модули, установленные в нем могут заменяться на другие в зависимости от поставленной задачи. Так же, для удобства в управлении PXI может быть оснащён модельным компьютером, что делает его удобным в использовании.

На лицевой стороне расположены элементы отображения графиков, элементы управления, кнопка записи результатов. Рис.1.

На фронтальной стороне располагается программа. Полученные экспериментальные данные по команде записываются в документ формата “.txt”. Запись может вестись от начала и до конца эксперимента, а так же выборочно в зависимости от решения лаборанта.

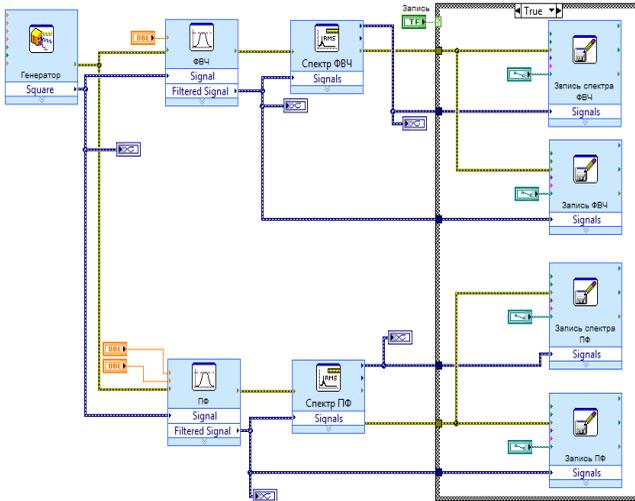


Рисунок 1 – Программная часть (Фронтальная панель)

В данном виртуальном приборе имеется программный полосовой фильтр (Рис.2). Частоту среза этих фильтров мы можем регулировать с помощью элементов управления в реальном времени. Просмотр исходного сигнала, отфильтрованного сигнала и спектра осуществляется с помощью графического изображения на лицевой стороне виртуального прибора.

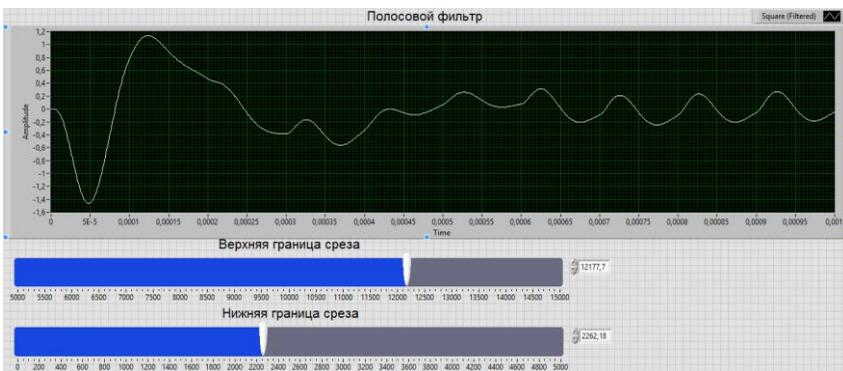


Рисунок 2 – Полосовой Фильтр

Обработка полученных данных может быть осуществлена в самой программе LabVIEW или в программах, таких как: Mathcad, MS Office Excel.

Затем был проведен ряд измерений при движении жидкости по направлению излучения акустического преобразователя и против. Результаты измерений приведены на рис. 3.

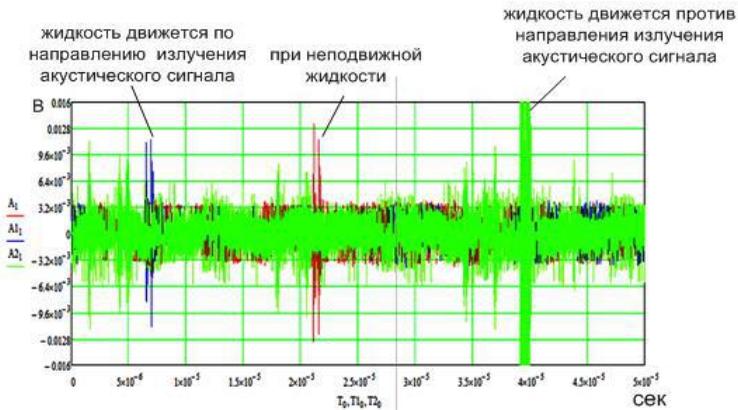


Рисунок 3 – Запись акустических сигналов неподвижной жидкости, жидкости против и по направлению излучения акустического сигнала

На рис.3 видно, что при движении жидкости по направлению излучения акустического сигнала, сигнал приходит на приемный преобразователь раньше чем, при неподвижной жидкости. И в случае излучения против потока жидкости сигнал запаздывает.

С помощью разработанного виртуального прибора и ультразвуковых преобразователей можно заранее, до этапа испытания ультразвукового измерителя расхода жидкости проектировать исходные данные устройства с учетом условий распространения акустического сигнала в различных средах.

#### Библиографический список.

1. Евдокимов В.Н., Линдваль В. Ю.//LabVIEW в научных исследованиях. 2009 год. 542 стр.
2. Кравчук Д.А., Николаев В.Д. Бахтер А.А. Моделирование системы измерения скорости и объемного расхода сточных вод на базе LabVIEW. // Технологии техносферной безопасности. 2016.

3. Кравчук Д.А., Бахтер А.А., Николаев В.Д. моделирование системы измерения и объёмного расхода сточных вод на базе Labview Технологии техносферной безопасности. 2016. № 6 (70). С. 1-6.

4. Кравчук Д.А., Бахтер А.А., Николаев В.Д. Модель системы измерения скорости и объёмного расхода сточных вод в labview. В сборнике: Системы обеспечения техносферной безопасности Материалы III Всероссийской конференции и школы для молодых ученых. 2016. С. 106-108.

**Николаев Владимир Дмитриевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: nikolaevladmir@mail.ru, 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8 (8634) 37-17-95, Магистрант.

**Кравчук Денис Александрович**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: kravchukda@sfnedu.ru, 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8 (8634) 37-17-95, доцент.

**УДК 534.222**

**ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ АНТЕНН ДЛЯ  
ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ  
АТМОСФЕРЫ**

*Воронин В.А., Казакова Е.А., Снесарев С.С.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: vva-47@mail.ru

В статье рассматривается многочастотный локационный метод измерения влажности с использованием параметрической антенны. Для реализации параметрической антенны предлагается использовать в качестве преобразователей в антенне накачки высокочастотные громкоговорители с высокой чувствительностью в режиме излучения. На основе обзора литературных источников и проведенного исследования формирования сигнала от различных частот накачки параметрической антенны анализируются

характеристики рассматриваемой антенны. Рассмотрены теоретические описания процесса взаимодействия акустических волн в канале распространения на основе нелинейного уравнения. Выявлено, что генерация вторичных волн в воздухе в точке происходит значительно эффективнее, чем в воде. В качестве исходных параметров для расчетов выбираются паспортные данные громкоговорителей. Определены основные преимущества использования параметрической антенны для мониторинга приземного слоя атмосферы. Произведены исследования зависимости формирования сигнала от различных частот накачки параметрической антенны. Опираясь на полученные данные, можно сказать, что при увеличении резонансной частоты происходит возрастание амплитуды давления.

Показано, что применение параметрических антенн для оценки состояния слоя атмосферы является эффективным.

Параметрическая антенна, атмосфера, многочастотный метод, антенные решетки, приземный слой, нелинейная среда, коэффициент поглощения, рассеивающий объем, характеристика направленности, акустические локаторы.

## **THE USE OF PARAMETRIC ARRAYS FOR THE ASSESSMENT OF THE ATMOSPHERIC SURFACE LAYER**

*Voronin V.A., Kazakova E.A., Snesev S.S.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering  
e-mail: vva-47@mail.ru

The principles of constructing a meteorological acoustic parametric locator for locating surface layers of the atmosphere are considered in the work. To implement the parametric antenna, high-frequency loudspeakers with high sensitivity in radiation mode can be used as transducers in pump antennas. The scientific articles based on the analysis of the scientific articles and obtained results the characteristics of a parametric antenna for different values of different frequencies are analyzed. The solution of the nonlinear wave equation is the basis of the theoretical descriptions of the interaction of acoustic waves in the propagation channel. It is revealed that the generation of secondary waves at a point in the air is much more effective than at a point in water. As

the initial parameters for calculations, the loudspeaker's passport data is selected. They are used to emit pump waves of the parametric antenna. The main advantages of using a parametric antenna for monitoring the near-surface layer of the atmosphere are determined in the given article. It is shown that the use of parametric antennas for estimating the state of the atmospheric layer is effective.

Parametric antenna, atmosphere, multifrequency method, antenna arrays, surface layer, nonlinear medium, absorption coefficient, scattering volume, directional characteristics, acoustic locators.

В настоящее время получили широкое распространение акустические приборы для дистанционного исследования приземных слоев атмосферы [1]. Результаты исследования существенно зависят от существующих условий распространения звука в атмосфере [2] и от параметров излучающих систем. Причина различий измерений результатов исследований заключается в высокой чувствительности распространяющегося звукового излучения в атмосфере к таким параметрам как скорость и направление ветра, температура, влажность, атмосферное давление и наличие таких характеристик излучающих систем, как уровень боковых лепестков в характеристике направленности и зависимость параметров характеристики направленности от частоты излучаемых волн и параметров атмосферы [3].

Первый метеорологический акустический локатор был создан в Австралии в 1968 году для военных целей. В 1972 году опубликовано около 20 работ по применению акустических локаторов в метеорологии, а к 1975 году число применений акустических локаторов в метеорологии достигло 120. К 1978 году функционировало более 200 акустических локаторов в 15 странах мира [3]. Акустические локаторы применяются для зондирования пограничного слоя атмосферы для получения количественной и качественной информации на Южном полюсе, во льдах Северного ледовитого океана, на суше и на судах во всех точках Мирового океана [3].

У нас в стране работы по акустическому зондированию атмосферы начались в середине семидесятых годов в Институте оптики атмосферы СО АН, Институте радиотехники и электроники

АН, институте физики атмосферы АН и Харьковском институте радиоэлектроники Минвуза УССР.

С тех пор созданы и используются акустические и радиоакустические метеорологические локаторы. Ярким примером этого являются моно частотные локаторы и много частотные локаторы, работающие в бистатическом и моностатическом режимах.

Поскольку в воздушной среде мало затухание акустических волн на низких частотах, то существенными недостатками таких систем являются большие габариты антенных узконаправленных систем и сильная зависимость ширины характеристики направленности от частоты, вследствие чего на разных частотах образуется различный рассеивающий объем, а наличие боковых лепестков приводит к неоднозначности измерений параметров атмосферы в разных ее слоях.

Существенными преимуществами в данной ситуации обладают акустические локаторы с излучающей параметрической антенной. Характеристика направленности такой антенны одинаковая на всех излучаемых разностных частотах, боковые лепестки практически отсутствуют, а габариты таких систем в десятки раз меньше, чем у традиционных акустических локаторов. Зависимость ширины характеристики направленности от частоты приведена на рисунке 1. Расчеты проведены для средней частоты накачки 25 кГц. Кривые 1, 2, 3 соответствуют ширине характеристики на уровне -10, -6 и -3 дБ от максимума. Диаграмма направленности, измеренная на частоте 3 кГц, приведена на рисунке 2.

Ранее считалось что эффективность взаимодействия акустических волн в воздушной среде неэффективно из-за малого нелинейного параметра среды и высокого затухания акустических волн в воздухе [4]. Однако, рассматривая процессы нелинейного взаимодействия волн, можно заключить обратное.

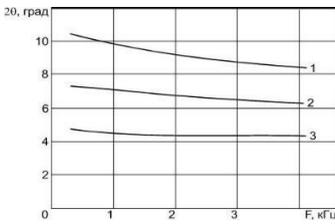


Рисунок 1 – Зависимость ширины характеристики направленности от рабочей частоты



Рисунок 2 – диаграмма направленности на частоте 3 кГц

Рассмотрим теоретические описания процесса взаимодействия акустических волн в канале распространения на основе решения известного уравнения Хохлова-Заболотской-Кузнецова [5,6]. Процесс генерации вторичных волн описывается неоднородным волновым уравнением

$$\Delta P - \frac{1}{c_0^2} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} = - \frac{\varepsilon}{c_0^4 \rho_0} \frac{\partial^2 (P_0^2)}{\partial t^2}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  – нелинейный параметр;  $P$  – звуковое давление;  $z$  – координата вдоль распространения волны;  $P_0$  – звуковое давление волн накачки;  $c_0$  и  $\rho_0$  – скорость звука и плотность среды.

Правая часть этого уравнения описывает виртуальные источники, образованные за счет взаимодействия (самовоздействия) первичных волн (волн накачки). Вторая производная по времени от квадрата звукового давления волн накачки описывает амплитуды и спектральный состав генерируемых волн, а коэффициент перед производной эффективность генерации вторичных волн. Заметим, что параметры среды, входящие в этот коэффициент для воздушной среды и водной среды при равных значениях амплитуд волн накачки различны. Для сравнения примем скорости звука в воде и воздухе

равными 1500 и 340 м/с, а плотность 1000 и 1,29 кг/м<sup>3</sup>. Нелинейный параметр для воды  $\epsilon = 3,5$ , а для воздуха  $\epsilon = 1,2$ .

В результате для воды этот коэффициент имеет порядок значения  $10^{-12}$ , а для воздуха –  $10^{-7}$ , т.е. в воздушной среде амплитуда виртуальных источников на 5 порядков превышает таких же в воде. Следовательно, генерация вторичных волн в воздухе в точке происходит значительно эффективнее, чем в воде. Эффект накопления результатов взаимодействия по мере распространения можно сравнивать при прохождении волнами расстояния равного одинаковым количеством длин волн. Разные длины взаимодействующих волн, разные соотношений частот генерируемых и взаимодействующих волн, разные значения затухания не приводят к существенному изменению соотношения эффективности генерации волн в воде и воздухе [7]. Из этого следует, что появляется возможность эффективно генерировать акустические волны низких частот в воздухе и применять их для создания метеорологических локаторов с уникальными характеристиками.

Рассмотрим применение параметрических акустических антенн для построения локаторов для определения распределения влажности и температуры в приземном слое атмосферы. Проведенные исследования поглощения звука в атмосфере показали сильную ее зависимость от температуры и влажности воздуха [8]. Экспериментальные исследования показали, что измеренные величины на один-два порядка превышают предсказанные теорией значения для коэффициентов классического поглощения, обусловленного вязкостью и теплопроводностью воздуха и описываемые известной формулой Стокса-Кирхгофа [9]. Избыточное поглощение обусловлено процессами колебательной релаксации молекул воздуха.

На рисунке 3 приведены зависимости коэффициента поглощения звука в атмосфере при нормальном атмосферном давлении и температуре 20°C от относительной влажности, полученные экспериментально [10]. Коэффициент затухания существенно зависит от частоты и влажности, поэтому можно построить систему дистанционного измерения влажности.

Необходимо еще раз подчеркнуть, что в существующих системах измерений используются традиционные акустические

антенны. В них рассеивающий объем зависит от длительности импульса зондирования и от ширины характеристики направленности. При этом изменение частоты в пять раз приводит к изменению рассеивающего объема в двадцать пять раз, что необходимо корректировать при измерениях.

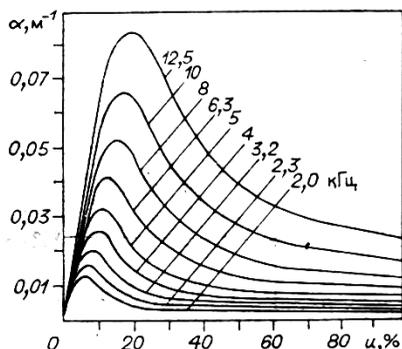


Рисунок 3 – зависимость коэффициента поглощения звука от влажности при различных частотах

Рассмотрим характеристики акустического локатора, работающего в атмосфере, с излучающей параметрической антенной. Для этого рассчитаем осевые распределения образующейся в воздухе акустической волны для нескольких частот в диапазоне, используемом в существующих метеорологических локаторах. В качестве волн накачки для параметрической антенны выберем волны со средней частотой 25 кГц, которые могут эффективно излучаться существующими высокочастотными громкоговорителями, имеющими малые размеры и высокую чувствительность в излучении. При расчетах полагаем как и раньше скорости звука в воде и воздухе равными 1500 и 340 м/с, а плотность 1000 и 1,29 кг/м<sup>3</sup>. Нелинейный параметр для воды  $\varepsilon = 3,5$ , а для воздуха  $\varepsilon = 1,2$ . Расчет ведем для диапазона разностных частота –  $f_p = 300$  Гц – 10 кГц, которые будут рабочими частотами в метеорологическом локаторе. Для эффективной работы выберем ширину характеристики направленности локатора –  $\theta = 7^\circ$ . В качестве излучателя волн накачки выбираем высокочастотный громкоговоритель Cadence CVLT 50, имеющий диаметр

излучающей части  $d = 0,025$  м и высокую чувствительность в излучении на частоте накачки. Для выбранной ширины характеристики направленности в антенне накачки применяется четыре громкоговорителя с общей апертурой антенны  $0,1 \times 0,1$  м<sup>2</sup>. Исходя из параметров громкоговорителя интенсивность акустического сигнала, снимаемого с поверхности антенны накачки, будет равна при максимальной мощности сигнала накачки  $I = 5 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup>.

Решение уравнения (1) запишем в виде [11]:

$$P_- = \frac{P_{01} P_{02} \varepsilon \Omega^2 a^2}{8c_0^4 \rho_0 \exp(z/L_3)} i \int_0^{z_3} \frac{\exp \left[ -y - \frac{r_w^2 (1 + iBy)}{d + (y - z_3) + yz_3 B} \right]}{d + i(y - z_3) + yz_3 B} dy,$$

где  $d = L_D / l_3$ ,  $B = L_D l_3 / l_{D1} l_{D2}$ ,  $r_w^2 = 2r^2 L_D / a^2 l_3$  – безразмерные параметры.  $L_D$ ,  $l_{D1}$ ,  $l_{D2}$  – ближние зоны антенны на разностной частоте и частотах накачки,  $L_3$  и  $l_3$  – длины зон затухания на этих же частотах.

На рисунке 4 приведены результаты расчета осевого распределения амплитуды давления генерируемых рассматриваемой параметрической антенной колебаний в функции от частоты колебаний.

Анализ расчетов показывает, что амплитуда генерируемых колебаний зависит от частоты в большой степени и при акустических измерениях состояния приземного слоя атмосферы этот факт необходимо учитывать.

Для определения амплитуды давления рассеянного сигнала в точке приема, совпадающей с точкой расположения излучающей антенны, справедливо следующее выражение:

$$P = \sqrt{\frac{m_v \cdot \theta_{0,7} P_0^2 \cdot c \cdot \tau}{2 \cdot r^2}}, \quad (3)$$

где  $m_v$  – коэффициент обратного объемного рассеяния звука;  $\theta_{0,7}$  – ширина характеристики направленности, определяющей озвученный объем,  $P_0$  – амплитуда давления акустической волны, падающей на озвучиваемый объем;  $c$  и  $\tau$  – скорость звука в среде и

длительность зондирующего импульса;  $r$  – расстояние от антенны до озвучиваемого объема.

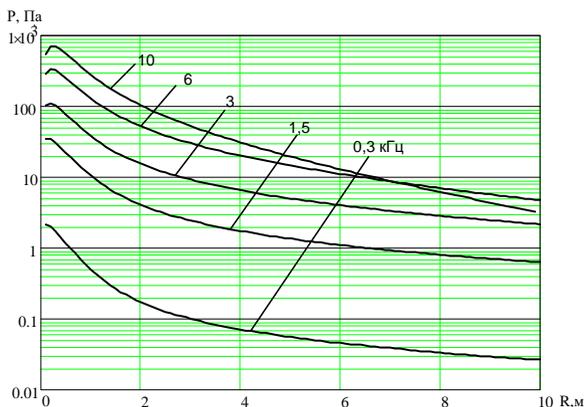


Рисунок 4 – График зависимости амплитуды давления разностной частоты равной 300, 1500, 3000, 6000, 10000 Гц от расстояния

Выражение (3) показывает, что принимаемый сигнал, рассеянный объемом воздуха, зависит от коэффициента обратного объемного рассеяния. В свою очередь, этот коэффициент зависит от состояния среды распространения акустических волн. Однако, используя свойство широкополосности излучающей параметрической антенны, можно одновременно излучать несколько зондирующих сигналов в одном объеме и тем самым исключить неоднозначности разно временных измерений.

#### Библиографический список

1. Красненко Н.П. Приземное распространение звуковых волн в атмосфере. Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2013. № 2 (28). С. 86-94
2. Красненко Н.П. Методы и средства дистанционного акустического зондирования атмосферы. Методы и устройства передачи и обработки информации. 2009. № 11. С. 143-154
3. Красненко Н.П. Акустическое зондирование атмосферы. – Новосибирск: Наука, 1986. – 166 с.
4. Куличков С.Н. Нелинейная генерация низкочастотной компоненты при распространении в атмосфере интенсивной

модулированной звуковой волны. Физика атмосферы и океана. 1979, Том 15, № 4. С. 384-391

5. В.А. Воронин, В.П. Кузнецов, Б.Г. Мордвинов, С.П. Тарасов, В.И. Тимошенко. Нелинейные и параметрические процессы в акустике океана. – Ростиздат. Ростов-на-Дону. 2007. – 448 с.

6. В.А. Воронин, С.П. Тарасов, В.И. Тимошенко. Гидроакустические параметрические системы. – Ростов-на-Дону: Ростиздат. 2004. – 400 с.

7. В.А. Воронин, А.В. Воронин. Особенности взаимодействия акустических волн в воздушной среде. Инженерный вестник Дона, 2015.№4.

**Воронин Василий Алексеевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: vva-47@mail.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371795; д.т.н.; профессор.

**Казакова Елена Александровна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники, e-mail: vva-47@mail.ru; аспирант.

**Снесарев Сергей Стефанович**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники, e-mail: snesarevs@mail.ru; старший преподаватель.

УДК 554

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОД  
ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА И ЕГО ВЛИЯНИЯ НА  
КОМФОРТНОСТЬ ПРОЖИВАНИЯ**

*Шавшина А.В., Вишневецкий В.Ю.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: lampochka3d@rambler.ru, vuvishnevetsky@sfedu.ru

Проведено исследование качества вод Таганрогского залива на основании данных о концентрации таких веществ как фосфаты, СПАВ, растворенный кислород, нефтепродукты, а так же индекса загрязнения воды (ИЗВ) за период с 2004 г. по 2016 г. в тринадцати прибрежных точках пробоотбора.

В работе представлены основные виды загрязнений и их влияние на качество водных ресурсов, рассмотрена динамика загрязнения выбранными поллютантами и произведено пространственное моделирование загрязнения залива. Рассмотрено понятие комфортности жизни относительно качества морской воды.

Качество воды, биологический мониторинг, комфортность проживания, индекс загрязнения воды.

**STUDY OF THE ECOLOGICAL STATE OF WATER OF THE  
TAGANROG BAY AND ITS INFLUENCE ON COMFORT OF  
LIVING**

*Shavshina A.V., Vishnevetsky V.Yu.*

*Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics  
and Equipment Engineering*

e-mail: lampochka3d@rambler.ru, vuvishnevetsky@sfedu.ru

The study of the quality of the Taganrog Gulf waters was carried out on the basis of data on the concentration of such substances as phosphates, surfactants, dissolved oxygen, oil products, as well as the water pollution index (IZV) from 2004 to 2016 in thirteen coastal sampling points.

The paper presents the main types of pollution and their impact on the quality of water resources, the dynamics of contamination with the selected pollutants and spatial modeling of the pollution of the bay. The concept of the comfort of life regarding the quality of sea water is considered.

Water quality, biological monitoring, comfort of living, water pollution index.

Комфортность проживания складывается из многих параметров, одним из которых является окружающая среда, в частности экология и качество водных ресурсов, с которыми сталкивается человек.

Для того чтобы сделать вывод о воздействии воды и водных экосистем на биологические объекты, нужно иметь как можно больше информации об ее параметрах, свойствах и допустимых нормах содержания определенных веществ для нормального сосуществования человека с экосистемой. По этой причине, мониторинг состояния водных ресурсов является важной задачей, поскольку он увеличивает общее понимание данной весьма сложной проблемы.

Водные биологические показатели экосистем используются, чтобы оценить ее состояние и определить, находятся ли под угрозой процессы, происходящие в водной экосистеме из-за естественных или антропогенных воздействий. К таким показателям относятся качество воды и донных отложений, количественные параметры и изменения потоков, которые отвечают за физико-химические свойства воды.

Существует несколько видов загрязнений воды:

1. Биологическое загрязнение возникает из-за сброса в залив органических веществ, способных к брожению. В свою очередь это приводит к их эвтрофикации, то есть резкому повышению биопродуктивности ("цветение" воды). Биологическое загрязнение приводит к сильному бактериологическому заражению воды, что порождает ряд проблем в области общественной гигиены (гепатит, холера, кишечные инфекции).

2. Химическое загрязнение представляет собой изменение естественных химических свойств воды. Зачастую это происходит из-за солей тяжелых металлов (свинца, ртути, железа, меди). Другим загрязнителем являются нефть и нефтепродукты, нитраты, фосфаты.

3. Физическое загрязнение – сброс в поверхностные водоемы нерастворенных материалов. Оседая на дно, например, глинистая тонкодисперсная фракция может погубить выметанную икру рыб.

В ходе исследования качества вод Таганрогского залива были рассмотрены динамики изменения концентраций фосфатов, СПАВ, растворенного кислорода, нефтепродуктов и сделаны следующие выводы:

– Концентрация фосфатов в Таганрогском заливе в 2016 году не превышает предельно допустимые нормы (0.15 мг/л), кроме точки пробозабора "Устье рукава Кутерьма".

– Значение ПДК растворенного кислорода – не менее 6.0 мг/л. Отклонение от норм ПДК было выявлено только в 2007 и 2008 году. На 2016 год среднее значение концентрации 10,5 мг/л.

– ПДК СПАВ составляет 0,1 мг/л. Было выявлено, что концентрация СПАВ не превышает ПДК.

– Содержание нефтепродуктов в воде за период наблюдений превышало нормы ПДК (0,05 мг/л) во многих рассматриваемых пунктах пробоотбора. В присутствии нефтепродуктов вода приобретает специфический вкус и запах, изменяется ее цвет, рН, ухудшается газообмен с атмосферой.

На основании интегрального показателя качества воды – ИЗВ было произведено пространственное моделирование загрязнения залива (рисунок 1). Так как ИЗВ варьируется от 1 до 2, то воду в заливе можно считать умеренно загрязненной.

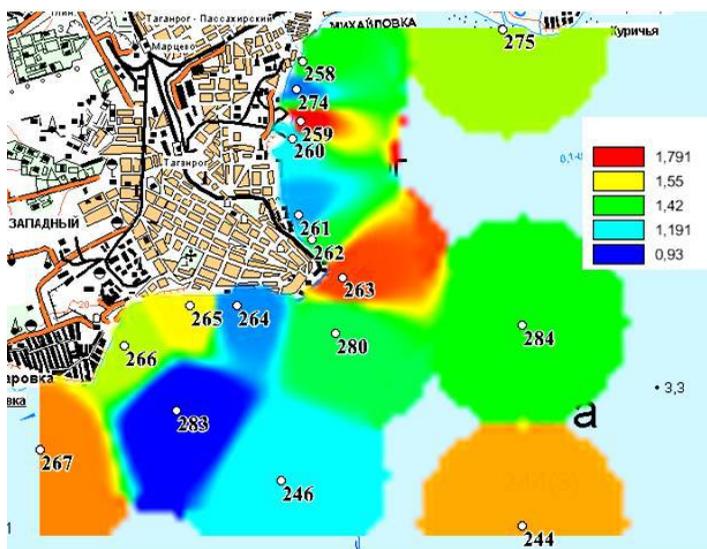


Рисунок 1 – Пространственное моделирование загрязнения Таганрогского залива за 2016 год

Таким образом, согласно пространственному моделированию на основе данных ИЗВ в прибрежных точках пробоотбора 264

"Пляж Центральный", 261 "Пляж Солнечный" и 274 "Устье р. Большая Черепаша" пробы воды имеют наименьший индекс загрязнения воды и являются наиболее комфортными территориями. Концентрации фосфатов, СПАВ, растворенного кислорода удовлетворяют нормам ПДК, а концентрации нефтепродуктов превышают их.

#### Библиографический список

1. Шавшина А.В., Вишневецкий В.Ю. К вопросу о выборе метода биотестирования для исследования влияния воды на комфортность жизни. «Медицинские информационные системы» МИС-2016: сборник трудов XIV Всероссийской научно-технической конференции (Таганрог, Россия, 19–22 декабря 2016 г.) / Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. – 294 с.

2. Шавшина А.В., Вишневецкий В.Ю. Исследование биологических методов контроля для первичной оценки качества воды. Проблемы автоматизации. Региональное управление. Связь и автоматика (ПАРУСА-2016): сборник трудов V Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов (Геленджик, 10–12 ноября 2016 г.). – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. – 408 с.

**Шавшина Алена Владимировна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: lamrochka3d@rambler.ru; г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2, корп. «Е», тел. 8(8634)37-17-95, магистрант.

**Вишневецкий Вячеслав Юрьевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: vuvishnevetsky@sfedu.ru; г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2, корп. «Е», тел. 8(8634)37-17-95, к.т.н., доцент.

**К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА  
РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА В  
ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ**

*Салимова Н.А., Вишневецкий В.Ю.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: nata.salimowa2015@yandex.ru, vuvishnevetsky@sfedu.ru

Рассмотрены вопросы моделирования процесса распространения загрязняющего вещества в воздушной среде. Проанализирована математическая модель, описывающая процесс распространения газового загрязнителя в окружающей среде. Построены графики зависимости концентрации загрязняющего вещества от расстояния на основе теоретических и экспериментальных данных.

Окружающая среда, загрязняющее вещество, диффузия, источник, математическая модель.

**STUDY OF THE ECOLOGICAL STATE OF WATER OF THE  
TAGANROG BAY AND ITS INFLUENCE ON COMFORT OF  
LIVING**

*Shavshina A.V., Vishnevetsky V.Yu.*

*Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics  
and Equipment Engineering*  
e-mail: lampochka3d@rambler.ru, vuvishnevetsky@sfedu.ru

The problems of modeling the process of pollutant distribution in the air are considered. A mathematical model describing the process of distribution of a gas pollutant in the environment is considered. The graphs of the dependence of the concentration of the polluting substance on the distance are constructed on the basis of theoretical and experimental data.

Environment, pollutant, diffusion, source, mathematical model.

Сегодня оценка состояния окружающей среды имеет большое значение. Проблема загрязнения окружающей среды становится все более актуальной с каждым днем. Постоянное увеличение

количества промышленных предприятий, транспорта приводит к ухудшению экологической обстановки. Основной проблемой загрязнения окружающей среды являются выбросы в атмосферу, сброс сточных вод и твердых отходов

Одной из важных проблем при оценке состояния окружающей среды является прогнозирование распространения загрязнителя. Развитие методов прогноза основывается на результатах теоретического и экспериментального изучения закономерностей распространения примесей, выбрасываемых источниками загрязнения атмосферы.

Уравнение (1) является локальным законом сохранения вещества, который характеризует распространение газов в атмосфере.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \text{div}(\vec{J}) + \lambda C = 0, \quad (1)$$

где  $C$  – концентрация газового загрязнителя,  $\lambda$  – коэффициент, описывающий уменьшение концентрации газового загрязнителя за счет абсорбции,  $\vec{J}$  – плотность потока диффундирующего вещества, представляющего собой сумму потоков диффузии [1]:

$$\vec{J} = \vec{J}_1 + \vec{J}_2, \quad (2)$$

$$\vec{J} = C(x, y, z, t) \cdot \vec{v}(x, y, z), \quad (3)$$

$$\vec{J}_2 = -(K_1 + K_2) \text{grad}(C(x, y, z, t)), \quad (4)$$

где  $\vec{J}_1$  – поток молекулярной диффузии,  $\vec{J}_2$  – поток турбулентной диффузии,  $K_1$  – коэффициент молекулярной диффузии, который отражает перенос газа в нижний слой атмосферы,  $K_2$  – коэффициент турбулентной диффузии, который отражает перенос газа в верхние слои атмосферы в случае анизотропной среды [1].

$K_1 \approx 0$ , так как в отличие от переноса газового загрязнителя в верхние слои атмосферы, перенос в нижние слои незначителен.

Подставляя соотношения (2) – (4) в уравнение (1), сделав необходимые математические преобразования, получаем дифференциальное уравнение (5), которое представляет собой уравнение турбулентной диффузии.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + v_x \frac{\partial C}{\partial x} + v_y \frac{\partial C}{\partial y} + v_z \frac{\partial C}{\partial z} = k_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - \lambda C, \quad (5)$$

где  $k_x, k_y, k_z$ - коэффициенты турбулентной диффузии [ $\text{м}^2/\text{с}$ ];  
 $v_x$  – средняя скорость ветра вдоль оси  $x$ , [ $\text{м}/\text{с}$ ];  
 $v_y$  – средняя скорость ветра вдоль оси  $y$ , [ $\text{м}/\text{с}$ ];  
 $v_z$  – средняя скорость седиментации частиц загрязняющего вещества [ $\text{м}/\text{с}$ ].

Выражение (6) представляет собой граничное условие.

$$k_z \frac{\partial C}{\partial z} + v_z \cdot C = \beta \cdot C, \quad (6)$$

Где  $\beta$  – постоянная [ $\text{м}/\text{с}$ ]. При  $\beta = 0$  граничное условие означает, что поток на поверхности равен нулю, все загрязняющее вещество, "отражаясь" от поверхности земли, остается в атмосфере. При  $\beta = \infty$  загрязняющее вещество "прилипает" к поверхности. В промежуточном случае  $0 < \beta < \infty$  вещество частично "отражается" частично "прилипает", обычно рассматриваются лишь две крайние возможности – "отражение" или "прилипание" [2].

Решение уравнения турбулентной диффузии при постоянных коэффициентах турбулентной диффузии при  $k_x, k_y, k_z$  действии постоянного точечного источника загрязнения с учетом однородных граничных условий:

$$v_x \frac{\partial C}{\partial x} = k \left( \frac{\partial C}{\partial x} + \frac{\partial C}{\partial y} + \frac{\partial C}{\partial z} \right) + Q\delta(r), \quad (7)$$

где  $Q\delta$  – действие постоянного точечного источника загрязнения,  $\delta$  – дельта-функция Дирака;

$Q$  – мощность точечного источника загрязнения, [ $\text{г}/\text{с}$ ];

$r$  – расстояния от источника, [ $\text{м}$ ];

$k = k_x = k_y = k_z$ - коэффициент турбулентной диффузии, [ $\text{м}^2/\text{с}$ ].

Решение уравнения

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot k \cdot r} \exp\left[-\frac{v_x}{2 \cdot k} (r - x)\right] \quad (8)$$

Согласно этой модели, зависимость концентрации от расстояния до источника носит гиперболический характер.

Используя уравнения (8), при помощи программы Mathcad, построим графики зависимости концентрации загрязняющего вещества от расстояния от источника выброса.

Значения концентрации:

$C(x, y, z, t) =$

0.072
0.022
$8.878 \cdot 10^{-3}$
$4.039 \cdot 10^{-3}$
$1.96 \cdot 10^{-3}$
$9.905 \cdot 10^{-4}$
$5.149 \cdot 10^{-4}$
$2.733 \cdot 10^{-4}$
$1.473 \cdot 10^{-4}$
$8.043 \cdot 10^{-5}$
$4.435 \cdot 10^{-5}$
$2.466 \cdot 10^{-5}$
$1.38 \cdot 10^{-5}$
$7.775 \cdot 10^{-6}$
$4.401 \cdot 10^{-6}$
$2.503 \cdot 10^{-6}$

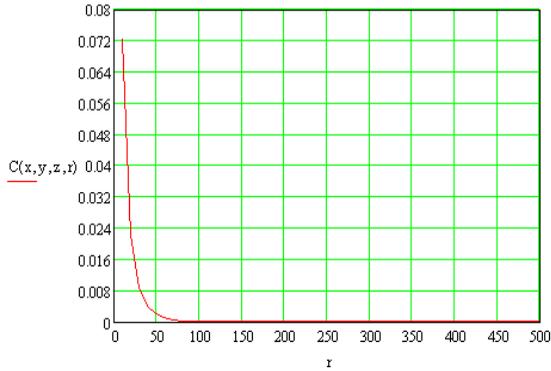


Рисунок 1 – График зависимости концентрации загрязняющего вещества от расстояния

Данный график позволяет оценить расстояние от источника выброса, на котором концентрация загрязняющего вещества не будет оказывать на человека негативное воздействие.

Для того, чтобы оценить адекватность данной модели, необходимо на основе экспериментальных данных построить аналогичную зависимость.

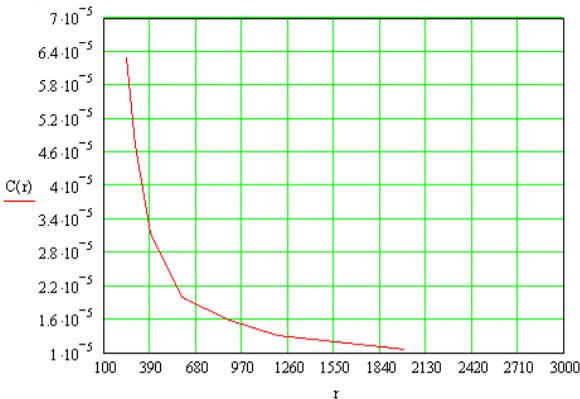


Рисунок 2 – Зависимость концентрации загрязняющего вещества от расстояния (экспериментальные данные)

Сравнение графиков, представленных на рисунках 1 и 2, показывает, что модель является верной, так как зависимости имеют аналогичный характер.

В результате моделирования на основе локального закона сохранения вещества была построена математическая модель распространения газообразного загрязнителя в воздушной среде. На основе этой модели был построен график зависимости концентрации загрязняющего вещества от расстояния. Данный график позволяет, зная предельно-допустимую концентрацию загрязнителя, оценить безопасное расстояние от источника выброса.

Библиографический список:

1. Чернявский С.А. Математическая модель распространения в атмосфере парниковых газов, порожденных стационарным точечным источником/Научный вестник МГТУ ГА, 2012;

2. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Модели\\_рассеивания\\_примесей](https://ru.wikipedia.org/wiki/Модели_рассеивания_примесей) [дата обращения 5.04.2017].

**Салимова Наталья Андреевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: nata.salimowa2015@yandex.ru; г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2, корп. «Е», тел. 8(8634)37-17-95, магистрант.

**Вишневецкий Вячеслав Юрьевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: vuvishnevetsky@sfedu.ru; г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2, корп. «Е», тел. 8(8634)37-17-95, кандидат технических наук, доцент кафедры электрогидроакустической и медицинской техники.

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННЫХ  
СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА ЗА  
СОСТОЯНИЕМ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ**

*Номерчук А.Я., Косенко Е.Ю.*

Южный федеральный университет

e-mail: aynomerchuk@sfnu.ru

В статье рассматривается исследование и разработка распределенных систем контроля и мониторинга за состоянием инженерных коммуникаций с точки зрения теории больших систем и классификации систем подобного типа. На сегодняшний день такие системы представляют из себя сложные структуры распределенного типа, объединяющие в себе множество различных и разнородных измеряемых величин. Зачастую данные системы получаются слиянием существующих систем, поэтому имеет смысл рассмотреть особенности функционирования данных систем с учетом параметров мониторинга измеряемых величин.

В качестве основного допущения выбрано понимание, что в качестве объекта мониторинга может выступать любая система или процесс. Здесь, как правило, наблюдению подлежат не статические или медленно меняющиеся характеристики объектов, а процессы, происходящие внутри этих объектов, и их показатели, которыми они характеризуют. На основании данного допущения составлена классификация систем контроля и мониторинга, проведен анализ систем в зависимости от сложности объектов и протекающих в них процессах. Также рассмотрен анализ систем с учетом дискретности наблюдения измеряемых величин, которая в большинстве случаев служит критерием эффективности для систем подобного типа.

Дополнительно рассматривается классификация систем контроля и мониторинга на основе сбора и обработки полученной информации мониторинга с объектов управления. Произведена классификация систем по принципу выполнения задач контроля и мониторинга. Выявлены проблемы и трудности при построении систем подобного класса. Данная статья будет полезна для разработчиков сложных систем контроля и мониторинга за инженерными объектами.

Система контроля и мониторинга, структура, анализ, классификация, распределенная система.

**RESEARCH AND DEVELOPMENT OF DISTRIBUTED  
CONTROL AND MONITORING SYSTEMS FOR THE STATE  
OF ENGINEERING COMMUNICATIONS**

*Nomerchuk A.YA., Kosenko E.Yu.*

Southern Federal University

e-mail: aynomerchuk@sfdedu.ru

The article examines the research and development of distributed systems for control and monitoring the state of engineering communications in terms of the theory of large systems and the classification of systems of this type. To date, such systems are complex structures of distributed type, combining a variety of different and dissimilar measured values. Often, these systems are obtained by merging existing systems, so it makes sense to consider the features of the operation of these systems, taking into account the parameters of monitoring the measured values.

As the main assumption, it is understood that any system or process can act as a monitoring object. Here, as a rule, it is not the static or slowly varying characteristics of objects that are subject to observation, but the processes occurring within these objects and their indicators, which they characterize. Based on this assumption, a classification of monitoring and monitoring systems is made, and systems are analyzed depending on the complexity of the objects and the processes occurring in them. The analysis of systems is also considered taking into account the discreteness of observing the measured values, which in most cases serves as a criterion of efficiency for systems of this type.

In addition, the classification of control and monitoring systems is considered based on the collection and processing of acquired monitoring information from control objects. The classification of systems based on the principle of performing control and monitoring tasks was made. The problems and difficulties in constructing systems of this class are revealed. This article will be useful for developers of complex systems for control and monitoring of engineering facilities.

Control and monitoring system, structure, analysis, classification, distributed system.

**Введение.** Системы контроля и мониторинга (СКМ), важнейшая составляющая управления большими объектами, в том числе и распределенными, требующая для своего определения, становления и изучения научного подхода. При изучении информационных процессов, реализуемых при управлении инженерными системами, объединяющими различные сети и системы, функционирующими как единый «орган» жизнеобеспечения населения и экономики хозяйствующих субъектов, необходимо рассматривать с позиций теории сложных систем. Такие системы состоят из отдельных подсистем, каждая из которых решает свою собственную задачу управления [1,2,4].

В процессе классификации систем подобного типа определяются классы – группы объектов, имеющих определенные общие признаки, обеспечивающие их сопоставления и идентификацию путем установления принадлежности к определенному классу. Определение классификации имеет и прикладное значение, так как определяет общность принципиальных технологических и функциональных методов исследования, разработки, построения и обеспечения функционирования систем контроля и объектов мониторинга.

**Классификация систем контроля и мониторинга.** Можно рассматривать отдельно классификацию объектов мониторинга и классификации СКМ. Эти классификации естественно будут тесно взаимосвязаны, поэтому ограничимся рассмотрением классификации СКМ.

По объектам мониторинга выразим только одно понимание. В качестве объекта мониторинга может выступать любая система или процесс. Здесь, как правило, наблюдению подлежат не статические или медленно меняющиеся характеристики объектов, а процессы, происходящие внутри этих объектов, и их показатели, которыми они характеризуют. Поэтому, когда речь идет об объекте мониторинга, корректнее говорить не об объектах, на которых выполняется мониторинг, а о процессах, протекающих в данных объектах [5].

Когда говорят, что СКМ обеспечивает объект, то имеется в виду, что она обслуживает процесс функционирования объекта. Может применяться целый комплекс или многоканальные СКМ для обеспечения функционирования многих процессов, происходящих

на большом объекте. Объект имеет собственные характеристики, но они обычно имеют статический характер и их определение не входит в область обслуживания СКМ. Поэтому в данном случае наименование объекта (например, название промышленного предприятия) только идентифицирует те процессы, которые представляют собой субъект или субъекты контроля и мониторинга.

Наиболее удобной и наглядной является строго иерархическая классификация, но присущая ему запрет на пересечение отдельных классов не позволяет ее использовать во многих случаях. Поэтому воспользуемся не строго иерархической классификацией, допускающей пересечения классов, и имеющей свойство строго иерархической классификации: каждый подкласс имеет предварительный класс, может быть не один (как в строго иерархической классификации), но тем не менее отношение подчиненности выражается вполне четко.

Распределение СКМ по классам осуществляется на основе наиболее характерных свойств (признаков), которые присущи СКМ. Такими признаками являются:

- предметные области назначения СКМ;
- масштабность СКМ;
- характер отношения объектов мониторинга к внешней среде;
- функциональная принадлежность объектов, наблюдаемых;
- периодичность дискретности наблюдения.

Перечисленные признаки характерны для СКМ и в то же время значительно различают между собой классы СКМ. Так, например, системы для организационного управления (признак принадлежности к объектной области) и наблюдения за технологическими процессами заметно отличаются не только по составу и структуре, но и по видам измеряемых величин, источникам первичной информации, методами съемки и передачи информации, формой представления информации.

На основе предложенных признаков на рис. 1. приведена классификация СКМ, данная классификация дает представление о разнообразии объектных областей, масштабов и дисциплин использования систем мониторинга.

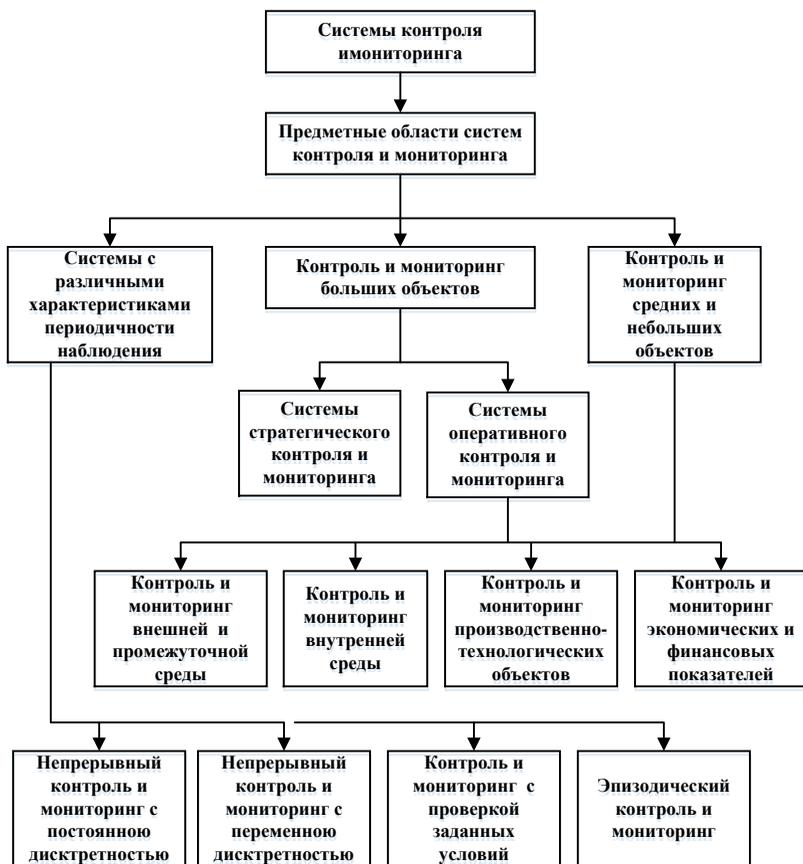


Рисунок 1 – Классификация систем контроля и мониторинга

В настоящее время с развитием современных средств вычислительной техники и информационных технологий имеет место говорить о распределенных СКМ, особенно данные системы характерны для инженерной [1,5,6] и инженерно-транспортной инфраструктуры.

**Анализ особенностей систем контроля и мониторинга.** В соответствии с рис. 1 можно выделить ряд характерных особенностей, которые необходимо учитывать при построении систем контроля и мониторинга. Чем больше масштабность объекта контроля и мониторинга, тем выше мощность множества

измеряемых величин, охваченных мониторингом, тем сложнее система управления контролем и мониторингом и, наконец, тем более сложные функции обработки информации на нее возлагаются [6]. К этим функциям прежде всего относятся:

- прогнозирования изменений входных величин и рассчитываемый с их использованием показателей;
- анализ деятельности объекта мониторинга на основе получаемой информации;
- поддержка принятия решений на объекте мониторинга;
- расчет и прогнозирование объема ресурсов для обеспечения управляющих воздействий на объекте мониторинга;
- корректировки и оптимизация параметров функционирования объекта мониторинга и самой СКМ.

СКМ крупномасштабных объектов имеют достаточно высокую сложность, реализуют функции мониторинга и обработки мониторинговой информации с высокого интеллектуального уровня и должны обеспечиваться современными информационными компьютерными технологиями, которые реализуют автоматизацию задач их функционирования [6]. Вся множество задач, автоматизируемых и обеспечивают осуществление функций СКМ, должна поддерживать процессы деятельности, которые совокупно составляют информационную технологию контроля и мониторинга:

*наблюдение (контроль) – оценка – прогноз – решение.*

В системах стратегического контроля и мониторинга ведется наблюдение за процессами стратегического планирования и управления. Обычно для таких СКМ специально определяются особые определенные измеряемые величины.

Все системы мониторинга, работающих в различных областях объектов наблюдения, имеют параметры внешнего и промежуточной среды, в том числе характеристики рынка, а также параметры собственного функционирования.

Важнейшей характеристикой (критерием оценки качества) какой-либо системы контроля и мониторинга является дискретность наблюдения измеряемых величин. Уменьшение периода дискретности ведет к увеличению избыточности информации, получаемой в результате мониторинга контролируемых объектов, что ведет к излишней перегрузки каналов передачи информации, систем хранения и обработки информации. Неоправданное

увеличение периода дискретности ведет к потере точности определения результатов и повышению уровня неопределенности результатов мониторинга. Поэтому период дискретности должен быть обоснованным.

Среди критериев оценки СКМ дискретность занимает особое место. Это объясняется не только тем, что от нее зависит точность и сложность построения и обеспечения функционирования системы. Этот критерий является основным показателем для согласования СКМ с объектом наблюдения, потребителями информации СКМ, устройствами преобразования информации, которые могут входить в состав СКМ или находится за ее пределами.

Неоднозначность измеряемых величин и условий их формирования определяют необходимость установления индивидуального периода дискретности для каждой отдельной измеряемой величины. Однако, в условиях, когда число измеряемых величин в больших или распределенных СКМ достигает сотен и тысяч, организация использования индивидуальной периодичности для каждой измеряемой величины становится технически сложной. Поэтому пытаются укомплектовать измеряемые величины в группы с одинаковой периодичностью наблюдения. Наиболее просты для реализации технологии обеспечивают постоянную дискретность для всех измеряемых величин.

Динамичность объектов мониторинга [5] выдвигает требование к непрерывности мониторинга в течение длительного периода времени. Для крупных объектов условие непрерывности дает большие нагрузки и выдвигает повышенные требования к загруженности оборудования, в том числе и коммуникационного, а также квалификации персонала. В этих условиях целесообразно управлять дискретностью работы по разным измеряемым величинам. Технологическая цепочка «мониторинг – слежения – оценка – прогноз – решение» разрывается после выполнения операции «оценка», причем эта оценка может быть не полной, а частичной, например, измерения превышения некоторого уровня. Результат такой частичной оценки может служить сигналом для продолжения или прекращения дальнейшего технологической цепочки для данной измеряемой величины. Такой подход позволяет использовать системы с переменной дискретностью, которая управляется с заданной условием.

Эпизодический мониторинг [5] используется, как правило, для нерегламентированных заранее операций. Пример эпизодического мониторинга – организации измерений/вычислений для всей территории страны, особенно актуально для такой страны как Россия. Для выполнения эпизодического мониторинга обычно создаются специальные СКМ, которые после его проведения могут расформироваться. Примером таких системы является системы оперативного контроля МЧС РФ, создаваемые для оперативного контроля за проведением работ в нескольких субъектах РФ одновременно при ликвидации ЧС (тушения лесных пожаров и т.п.).

Сферы использования СКМ чрезвычайно разнообразны [5]. Многочисленные системы мониторинга обладают некоторыми общими характеристиками, что позволяет говорить о мониторинге как целостный самостоятельный научно-практическом феномене. Различия же в толковании сути контроля и мониторинга, в целеполагании и средствах его осуществления отражают специфику и уровень разработанности проблем мониторинга в каждой из областей его применения.

**Классификация и анализ систем контроля и мониторинга по сбору информации.** Для классификации СКМ для их дальнейшего построения можно предложить по способу сбора используемой информации. На основании этого существующие СКМ можно подразделить на четыре группы.

1. Мониторинг, в процессе осуществления которого возможно непосредственное описание объекта мониторинга, без использования измерений, используя лишь результаты сбора, обработки и анализа полученной информации [5].

2. Мониторинг, в процессе которого осуществляется непосредственное физическое измерение параметров объекта (например, мониторинг контроля состояния трубопроводов, уровень моря, коррозия металлов инженерных коммуникаций, сетей связи и т.п.) [5].

3. Мониторинг, в ходе которого измерение параметров объекта проводятся с использованием системы разработанных и общепринятых критериев или индикаторов [5] (например, мониторинг окружающей среды, сердечной деятельности и т.д.).

4. Мониторинг, в процессе которого измерения производятся опосредованно, с привлечением технологий научного исследования, с использованием системы критериев и показателей.

Вся полученная в процессе того или иного мониторинга информация обрабатывается, структурируется и хранится.

Для тех видов мониторинга, в процессе которых осуществляется прямое измерение или накопление информации, проблему представляет структурирование, обработка и хранение полученной информации, обеспечение свободного доступа к информационным ресурсам.

Для тех видов мониторинга, в процессе которых осуществляется опосредованное измерения значительно проблемой является обеспечение высокого качества инструментария, разработка критериев оценки, индикаторов и показателей самого процесс измерения, статистическая обработка результатов и их адекватная интерпретация.

**Классификация и анализ систем контроля и мониторинга по принципу выполнения задач.** С некоторой степенью условности можно выделить два типа мониторинга, первый из которых направлен на реализацию задач функционирования, а второй – задач развития. Одни системы контроля и мониторинга, выполнив свою конкретную задачу, прекращают свое существование, другие могут существовать неограниченно долго. Они могут осуществляться в течение не одного десятилетия или даже столетия (например, наблюдения за погодой). Причины завершения функционирования той или иной системы мониторинга могут быть двоякого рода [5]:

– сам объект контроля мониторинга может прекратить свое существование,

– объект контроля и мониторинга перестает быть опасным (примеры такого рода объектов – уровень моря, в том случае, если он достаточно долго остается стабильным и т.д.).

**Выводы.** Если проанализировать характер возможных объектов мониторинга можно отметить, что ими могут быть как сложные системные объекты (например, здоровье, климат, экологическое состояние, уровень экономики, инженерные коммуникации и др.), так и достаточно локальные (например, состояние коммуникаций от дельного жилого комплекса,

предприятия и др.). Однако, есть нечто общее, что объединяет все эти разнородные объекты, принадлежащие разным сферам деятельности.

Можно выделить две основные особенности объектов контроля и мониторинга. Первая из них – это их динамичность. Все объекты, изучение или обследование которых осуществляется с применением мониторинга находятся в постоянном изменении, развитии [1,5,6]. Вторая особенность – это наличие или возможность опасности, возникающей в процессе функционирования объекта контроля и мониторинга.

Задачей мониторинга является предупреждение о том или ином неблагоприятии, опасности, в широком смысле этого слова, для эффективного функционирования объекта [4]. Причем не просто констатация факта появления изменений, представляющих опасность, а именно предупреждение о ней до того, как ситуация может стать необратимой. Тем самым создается возможность предотвратить или минимизировать возможный деструктивный развитие событий.

Динамичность объекта, возможность возникновения опасности в процессе его функционирования и размеры опасности определяют необходимость и целесообразность использования контроля и мониторинга для исследования, а также выбор той или иной конкретной СКМ.

В любом случае для задачи построения распределенных систем контроля и мониторинга необходимо четко провести анализ на этапе проектирования системы, учесть многофакторность всех измеряемых величин, критерии их оценки и интерпретации получаемых данных, а также заложить возможность системы прогнозировать состояние контролируемых объектов и самой себя в целом, создав некоторый запас надежности и живучести.

### Библиографический список:

1. Жуковский О.И., Гриценко Ю.Б. Типология инженерных сетей и классификация задач // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2011. № 2-2. С. 176-180.

2. Косенко Е.Ю., Номерчук А.Я., Лисицын Н.В. Разработка системы поддержки принятия решений при управлении состоянием

распределенных инженерных коммуникаций // Материалы 2-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2013». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – С.253-256

3. Номерчук А.Я., Косенко Е.Ю., Фрадкин С.Б., Стуров А.А. Требования к проектированию вычислительных структур распределенных инженерных сетей // Молодежь, наука, инновации. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. – Грозный: ГГНТУ, 2013 – 700 с. – С. 85-88

4. Пахомов П.И., Немтинов В.А. Технология поддержки принятия решений по управлению инженерными коммуникациями / П.И. Пахомов, В.А. Немтинов. – М.: Машиностроение, 2009. – 124 с.

5. Финаев В.И., Скубилин М.Д., Косенко Е.Ю., Номерчук А.Я. Автоматизация технологических процессов и производств (синтез, оптимизация, внедрение) / Финаев В.И., Скубилин М.Д., Косенко Е.Ю., Номерчук А.Я. – Таганрог, Изд-во ТТИ ЮФУ, 2012. – 412 с.

6. Хорошевский В.Г. Распределённые вычислительные системы с программируемой структурой// Вестник СибГУТИ. 2010. № 2. С. 3-41.

**Косенко Евгений Юрьевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт радиотехнических систем и управления, кафедра систем автоматического управления; e-mail: ekosenko@sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. +79045071963, к.т.н., доцент

**Номерчук Александр Яковлевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт радиотехнических систем и управления, кафедра систем автоматического управления; e-mail: aynomerchuk@sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. +79054306539, старший преподаватель

**РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНО-СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЫ  
СИСТЕМЫ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРОВ**

*Воробьев Е.В., Номерчук А.Я., Лисовой Г.Г.*

Южный федеральный университет

e-mail: vorobevev@sfnedu.ru

В статье рассматривается вопрос разработки модульно-сетевой структуры системы раннего обнаружения лесных пожаров. Главной проблемой при обнаружении лесных пожаров, которую необходимо решить, является максимально быстрое их обнаружение, точное определение и прогнозирование параметров. Сложные системы решающие такие задачи активно функционируют в странах с жарким климатов, а также обладающими большими лесными массивами [3,5,6,9]. Однако в России в виду её больших территорий системы обнаружения лесных пожаров слабо проработаны, поскольку обнаруживают пожары не раньше, чем на этапе воспламенения, что ведет к массовым возгораниям в пожароопасные периоды времени.

В работе представлена структура системы раннего обнаружения пожаров, представляющая из себя модуль-сетевую структуру. В данную систему входят, как традиционные способы обнаружения пожаров по анализу видеоизображений, так и беспроводную сеть из датчиков. В качестве реализации сети был выбран протокол ZigBee. Преимущество данного протокола заключается в энергоёмкости и возможности построения сети на расстояние соседних передатчиков до 500 м, что наиболее оптимально для лесных массивов.

Была показана реализация трехуровневой системы раннего обнаружения лесных пожаров, состоящий из сенсорно- сетевого, сервисного и прикладного уровней. Рассмотрено описание и функционал каждого слоя. На основе предложенной модели разработан общий алгоритм работы системы раннего обнаружения лесных пожаров. Данный алгоритм включает в себя как первичную обработку информации с сенсоров и датчиков, так и дополнительную проверку с использованием технических средств радиоконтроля и обработки изображений с камер наблюдения.

Система, лесной пожар, раннее обнаружение пожара, беспроводная сеть, модульная структура, алгоритм.

**DEVELOPMENT OF MODULAR AND NETWORK  
STRUCTURE OF EARLY FIRE DETECTION SYSTEM**

*Vorob'yev Ye.V., Nomerchuk A.YA., Lisovoy G.G.*

Southern Federal University

e-mail: vorobevev@sfedu.ru

The article is devoted to the development of the modular network structure of the early forest fire detection system. The main problem in detecting forest fires, which must be solved, is the fastest detection, the precise determination and prediction of the parameters. Complex systems that solve such problems are actively operating in countries with hot climates, as well as those with large forest areas [3,5,6,9]. However, in Russia, in view of its large areas, forest fire detection systems are poorly developed, since they detect fires no earlier than during the ignition phase, which leads to massive fires in the fire-dangerous periods of time.

The paper presents the structure of an early fire detection system, which is a module-network structure. This system includes both traditional ways of detecting fires by analyzing video images, and a wireless network of sensors. As a network implementation, the ZigBee protocol was chosen. The advantage of this protocol lies in the energy intensity and the possibility of constructing a network at a distance of up to 500 m adjacent to the transmitters, which is most optimal for forest areas.

The implementation of a three-tier system for early detection of forest fires, consisting of a sensor-network, service and application levels was shown. The description and the functional of each layer are considered. Based on the proposed model, a general algorithm for the early forest fire detection system was developed. This algorithm includes both primary processing of information from sensors and sensors, as well as additional verification using technical means of radio monitoring and image processing from surveillance cameras.

System, forest fire, early detection of fire, wireless network, modular structure, algorithm.

**Введение.** Главной проблемой при обнаружении лесных пожаров, которую необходимо решить, является максимально быстрое их обнаружение, точное определение и прогнозирование параметров (скорость, направление) распространения. Для этого необходимы [1]:

- анализ климатических и биоценологических параметров региона и исследуемого леса,
- создание модели для оценки ситуации в зависимости от климатических факторов с учетом особенностей леса,
- программное обеспечение, система датчиков, передатчиков, серверное оборудование.

Похожие системы созданы и используются в странах с достаточно сухим и жарким климатом, а также обладающими большими лесными массивами [3,5,6,9]. Российские системы обнаружения лесных пожаров, которые используются в настоящее время слабо проработаны, поскольку обнаруживают пожары не раньше, чем на этапе воспламенения [1]

#### **Структура системы раннего распознавания пожаров.**

Основным способом решения максимального раннего, точного и эффективного детектирования очагов возгорания является объединение различных методов и приборов детектирования в единую систему. Данные должны быть рассмотрены в полуавтоматическом режиме в рамках единой математической модели, адаптированной для данного региона, типа леса, климатических условий. Основными элементами такой системы целесообразно считать: систему датчиков различного уровня, распределенных в окружающей среде с учетом рельефа местности и вероятности образования очагов возгорания; радиолокационные устройства, калиброванные для обнаружения дыма; тепловизоры и камеры; подсистема передачи данных, построенная на протоколах и оборудовании с низким электропотреблением; серверное устройство, получающее и обрабатывающее информацию с участием человека [1].

Для предотвращения возгорания система должна оценивать опасность возникновения пожара. В России для оценки горимости леса применяют индекс Нестерова (ГОСТ Р 22.1.09-99, 2000).

Для предотвращения возгорания система должна оценивать опасность возникновения пожара. В России для оценки горимости леса применяют индекс Нестерова (ГОСТ Р 22.1.09-99, 2000) [1, 2]:

$$G = \sum_{i=1}^n T_i * d_i,$$
$$d_i = T_i - r_i$$

Здесь  $T$  – температура воздуха на 12 часов дня по местному времени;  $r$  – точка росы на 12 часов дня по местному времени;  $d$  – дефицит точки росы;  $n$  – число дней после последнего дождя. Размерность  $G$  есть  $(^{\circ}\text{C}) * \text{сут}$ .

Для оценки пожароопасности на данной локации система должна содержать функциональную часть, включающую в себя термодатчик, датчик влажности почвы и осадкометр. Эта функциональная часть должна высчитывать коэффициент Нестерова, и отправлять данные вверх по сети.

Эффективная система раннего обнаружения лесных пожаров [1, 2] должна включать в себя узлы, способные решать следующие задачи:

1. визуальный контроль охраняемой территории;
2. сенсорное отслеживание температуры и наличия продуктов горения в воздухе на охраняемой территории;
3. радиолокационный узел для обнаружения частиц дыма в воздухе;
4. анализ пожарной опасности охраняемой территории по условиям погоды;
5. сбор, обработку и хранение данных, получаемых от функциональных элементов системы.

Для осуществления визуального контроля достаточно использовать тепловизоры и камеры видеонаблюдения, аналогичные уже использующимся в существующих лесных пожароохранных системах. Тепловизоры и камеры располагаются на вышках, возведенных на территории лесного массива с учетом ландшафта для минимизации затрат при максимальном визуальном охвате территории. На этих же вышках целесообразно размещать ретрансляторы сигналов с камер и датчиков, входящих в пожароохранную сеть, для оперативной передачи информации в центр, занимающийся ее сбором, обработкой и хранением [2]

Блок схема взаимодействия систем мониторинга пожарной ситуации показана на рис. 1. Благодаря внедрению сенсоров в систему мониторинга, появляется возможность не просто ликвидации пожара на этапе возгорания (что позволяют делать и существующие аналоги), но и предотвращение самого процесса появления воспламенения ввиду постоянной оценки пожарной опасности на территории и возможности принятия своевременных мер по предотвращению возникновения пожара [1].



Рисунок 1 – Блок-схема взаимодействия систем мониторинга пожарной ситуации

Для реализации беспроводной сети датчиков необходимо выбрать беспроводной протокол передачи данных в виду особой характеристики местности и минимального проведения инженерных и монтажных работ. Характеристики беспроводных протоколов наиболее употребляемых для решения подобных задач [5] в странах Европы показана в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристики беспроводных протоколов семейства XBee

Модель	Протокол	Частота	Потребляемая мощность	Диапазон	Дальность
XBee-802.15.4	802.15.4	2.4 ГГц	1 мВ	-92 дБ	500 м
XBee-802.15.4-Pro	802.15.4	2.4 ГГц	63 мВ	-100 дБм	7000 м

Модель	Протокол	Частота	Потребляемая мощность	Диапазон	Дальность
XBee-ZigBee	Zigbee-Pro	2.4 ГГц	2 мВ	-96 дБм	500 м
XBee-ZigBee-Pro	Zigbee-Pro	2.4 ГГц	50 мВ	-102 дБм	7000 м
XBee-868	RF	868 МГц	315 мВ	-112 дБм	40 км
XBee-900	RF	900 МГц	50 мВ	-100 дБм	10 км
XBee-XSC	RF	900 МГц	100 мВ	-106 дБм	24 км

На основе табл. 1 можно сделать вывод, что наиболее экономичными для построения сенсорной сети будут технологии ZigBee. Исследования, проводившиеся в [4] и [8], говорят о возможности создания в лесу распределенной ZigBee сети с межузловыми расстояниями от 60 до 120 метров. При помощи данной технологии можно создавать беспроводные сети датчиков и сети управления [7]. Технология также примечательна тем, что на ее базе существует 3 типа устройств [2]: координатор, маршрутизатор, конечное устройство.

Для использования подобных систем в целях раннего обнаружения пожаров необходимо «обучить» радиолокационное оборудование для работы непосредственно с дымовым загрязнением воздуха, то есть калибровать приемник на отражение сигнала частицами, размера, соответствующего образованию дыма от растительности данного типа. Именно в данном случае будет достигнута максимальная точности и погрешности сведены к минимуму (в настоящий момент подобная система имеет погрешность измерения дальности до цели – 7 метров). Таким образом, нами предложена система [1, 2] (рис.2), превосходящая по точности и скорости обнаружения все имеющиеся аналоги, как отечественного производства, так и представленные в других странах.

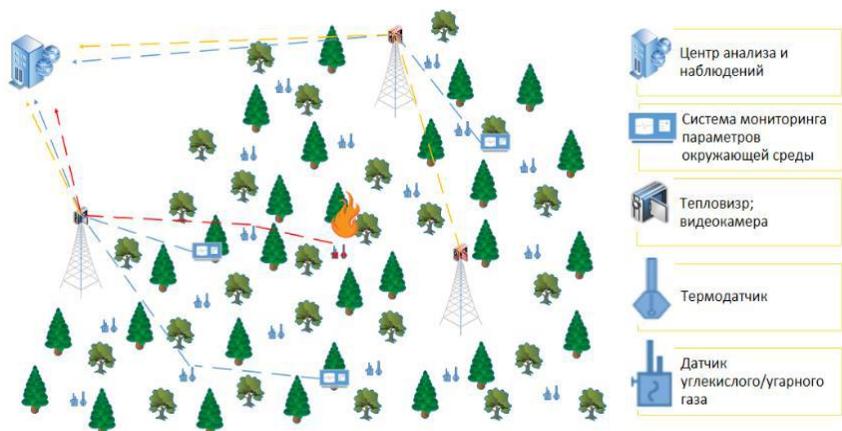


Рисунок 2 – Состав системы раннего обнаружения лесных пожаров

**Архитектура модульно-сетевой сети.** Обобщение технических компонентов системы раннего обнаружения лесных пожаров можно представить, как многоуровневую систему [1], включающую в себя элементы нижнего и верхнего уровня, реагирующие на появление признаков возгорания. Элементы объединены в сеть, состоящую из пространственно-распределенных автономных устройств, использующих различные сенсоры для совместного контроля физических условий окружающей среды, в одно и то же время в разных местах. Сенсорные сети могут иметь различные системы архитектур, но в нашем случае наиболее подходящей является трехуровневая архитектура (рис 3.).

Датчики сетевого слоя содержат датчики узлов и соответствующие сетевые протоколы. Один датчик включает в себя различные датчики узлов, устройства обработки данных и устройства связи, в большинстве случаев являются только передатчиками. Интерфейсом между мониторингом явления и сетью датчиков являются сами датчики. Они реагируют на раздражители, вызванные явлением, данные с датчиков обрабатываются в блок обработки и дальнейший транзит называется уровнем служб.

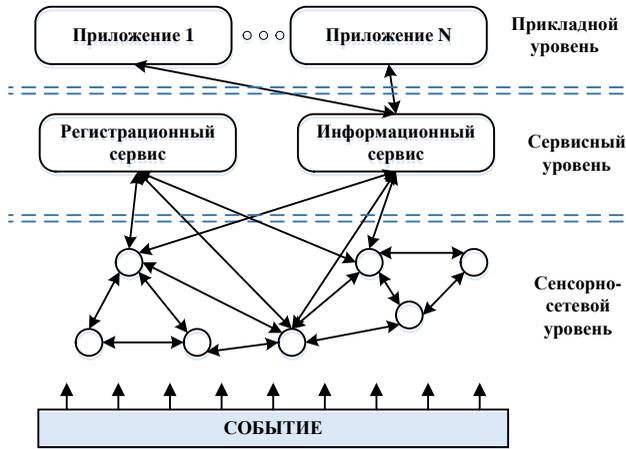


Рисунок 3 – Трехслойная архитектура сети датчиков

Сервисный слой содержит функции, которые важны для поддержки датчиков и других устройств, датчика слоя. Второй узел от сенсорного слоя является наиболее важным: службы поиска и информационные службы. Служба поиска используется для датчиков администрации, например, в случае добавления существующего нового датчика или удаления уже существующего датчика. Информационная услуга отвечает за сбор и преобразование данных в форму, подходящую для дальнейшей обработки на третьем уровне приложений. Слой приложений включает в себя различные приложения, основанные на сборе данных с датчиков через слой услуг. Датчики на сетевом слое генерируют исходные данные о феномене, услуги преобразуют слой исходных данных в информацию и приложения создают слой знания о наблюдаемом явлении.

Трехуровневая сенсорная архитектура является частью сети по наблюдению и обнаружению лесных пожаров. В сети датчиков, каждый датчик сопоставляет некоторые особенности физического мира в измеримые пространства, поэтому, согласно определению наблюдателя, датчик является наблюдателем себя самого. В случае срабатывания температурных и газочувствительных датчиков сигнал передается в систему и, участвующие в мониторинге лесных

пожаров, камеры и тепловизоры активно включаются в уточнение наличия и расположения пожара. Общий алгоритм работы системы по раннему обнаружению лесных пожаров показан на рис. 4.

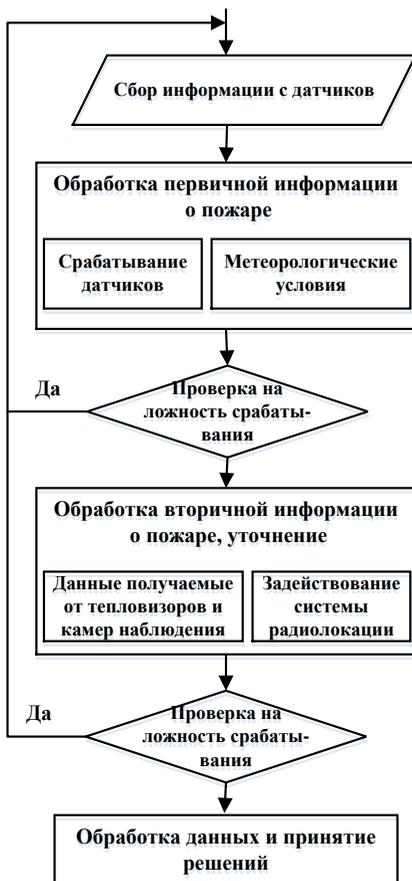


Рисунок 4 – Общий алгоритм работы системы

Лесной пожар довольно сложное явление, поэтому для эффективного взаимодействия и дополнения полученной информации необходимо использовать различные алгоритмы анализа изображения в различных спектрах. Каждый из них анализирует различные аспекты лесных пожаров, такие как огонь, дым и временное поведение пламени, дым и цвет пламени, и

текстурные характеристики. Все они являются входными для последующей фазы обработки. После фазы обработки, фаза принятия решения, и она полностью основана на результатах слияния данных, полученных с помощью различных датчиков, изображений, метеорологических параметров.

**Выводы.** В статье предложена структура системы раннего обнаружения лесных пожаров с точки зрения модульно-сетевой структуры. Целесообразным с точки зрения максимально быстрого реагирования включить в систему различные виды детектирующих устройств, объединив их работу общим алгоритмом, включающим математическую модель предсказания условий возникновения пожара. Рассмотрены основные компоненты системы раннего обнаружения лесных пожаров.

Не смотря на предложенные преимущества подобных систем в настоящее время важную роль в их функционировании играет энергоэффективность, от неё зависит стоимость системы, функционал, размер и качество охвата контролируемых лесных массивов. Существуют решения, где предлагается сделать данные системы автономными на основе солнечных батарей [5], но с более энергоёмким оборудованием, однако в реалиях нашей страны данная система будет слишком дорогой. Поэтому важным аспектом при дальнейшей реализации является применение новых миниатюрных и энергоёмких датчиков и сенсоров.

Библиографический список:

1. Воробьев Е.В. Основные принципы, методы и устройства обеспечения мониторинга лесных пожаров / Е.В. Воробьев – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. – 96 с.
2. Воробьев Е.В., Номерчук А.Я., Арутюнов К.К., Лисовой Г.Г., Плотников В.И. Технические компоненты для создания системы раннего обнаружения лесных пожаров // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2015. № 8 (169). С. 158-165
3. Плахтеев А.П., Орехов А.А., Плахтеев П.А. Система мониторинга лесных пожаров на основе сенсорных сетей // Радіоелектронні комп'ютерні системи – 2014, № 6 (70), С. 85-89.

4. Galkin P.V., Golovkina L.V., Borisenko A.S. Issledovanie vlijaniya lesnyh massivov na dal'nost' svyazi v setjah ZigBee // Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij – 2011, P.51-55;

5. Javier Solobera. Detecting Forest Fires using Wireless Sensor Networks // материалы портала <http://www.libelium.com> (дата обращения 16.05.2017).

6. Kechar Bouabdellaha, Houache Nouredine, Sekhri Larbi. Using Wireless Sensor Networks for Reliable Forest Fires Detection // Procedia Computer Science – 2013. Vol. 19. – P. 794-801.

7. Serebrennikov M.Ju. Radiochastotnye tehnologii v lesnoj sfere // Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii : materialy VIII Vseros. nauch.-tehn. konf. studentov i aspirantov i konkursa po programme «Umnik» / M-vo obrazovaniya i nauki RF, Ural. gos. lesotehn. un-t, Ural. otделение секции наук о лесе Рос. Акад. естеств. наук, Ural. lesnoj tehnopark; red. S. V. Zalesov [i dr.]. – Ekaterinburg: UGLTU, 2012. Ch. 1. – P. 359-361.

8. Serebrennikov M.Ju., Sannikov S.P. Jeksperimental'nye issledovaniya poteri moshhnosti radiosignala v lesu // «STUDENCHESKIJ NAUCHNYJ FORUM 2013», tez. dokl. V Mezhdunar. Studencheskaja jelektr. nauch. konf. – Ekaterinburg, 2013

9. Wolfgang Krull, Robert Tobera, Ingolf Willms, Helmut Essen. Early forest fire detection and verification using optical smoke, gas and microwave sensors // Procedia Engineering – 2012. Vol. 45. – P. 584-594

**Номерчук Александр Яковлевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», кафедра систем автоматического управления; e-mail: [aynomerchuk@sfedu.ru](mailto:aynomerchuk@sfedu.ru); г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. +79054306539, старший преподаватель

**Воробьев Евгений Валерьевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», кафедра техносферной безопасности и химии; e-mail: [vorobevev@sfedu.ru](mailto:vorobevev@sfedu.ru); 347900, г. Таганрог, пер. Большой Садовый, 15, тел. +79604540300, к.х.н.; доцент

**Лисовой Геннадий Геннадьевич**, ФГКУ «6 отряд ФПС по Ростовской области»/ Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; e-mail: [redcar01@mail.ru](mailto:redcar01@mail.ru); 347900, г. Таганрог, ул. Чехова, 94, тел. +79085010317, начальник караула 22 ПСЧ; старший лейтенант/ аспирант

**Секция 5: Математическое моделирование  
экосистем**

УДК 534.2

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЗЫ  
КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ ОТ ОТРАЖАЮЩИХ  
ГОРИЗОНТОВ МОРСКИХ ОСАДКОВ**

*Солдатов Г.В., Петров А.И.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: gsoldatov@sfnu.ru

Морское дно содержит в себе богатейшие запасы полезных ископаемых: нефти, газа, газогидратов, редкоземельных металлов и т.д. Классификация морских осадков преимущественно проводится по результатам экспериментальных исследования скорости звука и коэффициента отражения. Дополнительным параметром для классификации может быть фаза коэффициента отражения границы раздела слоев морских осадков. Целью работы является разработка методики определения фазы коэффициента отражения дистанционным способом при совместном расположении излучателя и приемника. Методика определения фазы коэффициента отражения заключается в излучении сигнала, состоящего из последовательности радиоимпульсов разной частоты, записи прямого и отраженного от границы раздела сигналов и их сравнении. Реализация предлагаемой методики на практике возможна с помощью применения в качестве излучателя параметрической антенны. Узкая характеристика направленности параметрической антенны позволит сформировать луч, ширина которого не будет выходить за первую зону Френеля, что минимизирует искажения фазы из-за интерференции отраженного от границ раздела сигнала.

Гидроакустика, морские осадки, коэффициент отражения, параметрическая антенна.

**DEVELOPMENT OF THE METHOD OF DETERMINING THE  
PHASE OF THE REFLECTION COEFFICIENT FROM  
REFLECTIVE HORIZONS OF MARINE SEDIMENTS**

*Soldatov G.V., Petrov A.I.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics  
and Equipment Engineering  
e-mail: gsoldatov@sfnu.ru

The seabed comprises the richest inventories of minerals: oils, gas, gas hydrates, rare-earth metals, etc. Classification of sea precipitates is preferentially carried out by results of pilot study of sonic speed and reflection coefficient. The phase of reflection coefficient of boundary of the section of layers of sea precipitates can be the additional parameter for classification. The purpose of operation is development of a technique of determination of a phase of reflection coefficient a distant method in case of joint layout of the radiator and receiver. The technique of determination of a phase of reflection coefficient consists in the radiation of the signal consisting of the sequence of radio-frequency pulses of different frequency, record direct and reflected from boundary of the section of signals and their comparing. Implementation of the offered technique in practice is possible by means of application as the radiator of the parametric antenna. The narrow characteristic of a directivity of the parametric antenna will allow to create a ray which width will not quit for the first Fresnel zone that minimizes distortions of a phase because of an interference of the section of a signal reflected from boundaries.

Hydroacoustics, marine sediments, reflection coefficient, parametric antenna.

Морское дно содержит в себе богатейшие запасы полезных ископаемых: нефти, газа, газогидратов, редкоземельных металлов и т.д. Исследование состава и структуры морского грунта проводится преимущественно с применением технологий акустики. Известны способы определения скорости звука в слое морских осадков и значения коэффициента отражения [1]. Вопросы определения характеристик морских осадков рассматривались авторами в [2]. Дополнительным параметром для классификации морских осадков может быть фаза коэффициента отражения. Экспериментальные исследования коэффициента отражения границы вода – морской

осадок подтвердили принципиальную возможность определения коэффициента отражения с помощью интерферометрического метода. Приведенная схема экспериментальных работ предполагает наличие приемника между излучателем и отражающей границей, что трудно выполнимо для большинства районов исследований.

Предлагаемая авторами методика позволит определить фазу коэффициента отражения дистанционным способом при совместном расположении излучателя и приемника. Методика определения фазы коэффициента отражения заключается в излучении сигнала, состоящего из последовательности радиоимпульсов разной частоты, записи прямого и отраженного от границы раздела сигналов и их сравнении.

На рисунке 1 приведены сигналы, поступающие на приемник, расположенный между излучателем и границей раздела. Где кривая 1 и 2 соответствуют прямому и отраженному сигналу. Для наглядности фазовый сдвиг, вносимый границей раздела, задан равным 90 градусов.

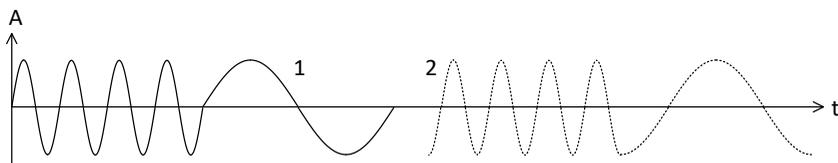


Рисунок 1 – Сигналы, поступающие на приемник до и после отражения от границы раздела (кривая 1 – прямой сигнал, кривая 2 – отраженный)

На рисунке 2 приведены сигналы после вычитания пространственного набега фаз. Если сигналы на рисунке 2 подать на синхронно-фазовый детектор, то на его выходе мы получим фазу коэффициента отражения.

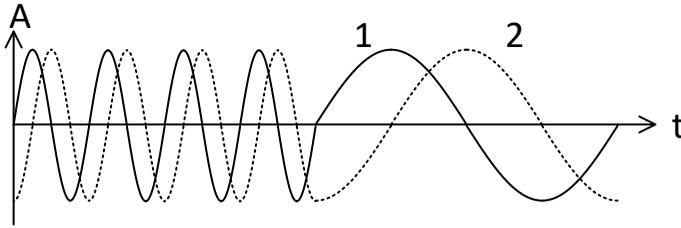


Рисунок 2 – Сигналы после вычитания пространственного набега фаз (кривая 1 – прямой сигнал, кривая 2 – отраженный)

При отсутствии возможности определения пространственного набега фаз с достаточно низкой погрешностью, что справедливо для большинства экспериментальных исследований, следует воспользоваться модификацией методики определения ФЧХ антенн.

Разность фаз между радиоимпульсами на выходе синхронно-фазового детектора определяется по формуле:

$$\begin{cases} \varphi_d(\omega_1) = \varphi(\omega_1) + \varphi_{\Delta t}(\omega_1) \\ \varphi_d(\omega_2) = \varphi(\omega_2) + \varphi_{\Delta t}(\omega_2) \end{cases} \quad (1)$$

где  $\varphi_d(\omega_1)$  и  $\varphi_d(\omega_2)$  – фазовые сдвиги на выходе синхронно-фазового детектора на частотах  $\omega_1$  и  $\omega_2$ ;

$\varphi(\omega_1)$  и  $\varphi(\omega_2)$  – фазовый сдвиг, вносимый границей раздела на частотах  $\omega_1$  и  $\omega_2$ ;

$\varphi_{\Delta t}(\omega_1)$  и  $\varphi_{\Delta t}(\omega_2)$  – пространственный набег фаз при распространении сигнала от приемника до границы раздела и обратно на частотах  $\omega_1$  и  $\omega_2$ .

Если фаза коэффициента отражения не зависит от частоты, тогда фаза каждого радиоимпульса после отражения изменится на некоторое постоянное значение  $\varphi$ , зависящее от акустических свойств среды распространения сигнала и отражающей границы. Выражение (1) примет вид:

$$\begin{cases} \varphi_d(\omega_1) = \varphi + \varphi_{\Delta t}(\omega_1) \\ \varphi_d(\omega_2) = \varphi + \varphi_{\Delta t}(\omega_1) \end{cases} \quad (2)$$

где  $\varphi$  – фазовый сдвиг, вносимый границей раздела.

При неизменном расположении приемника и границы раздела справедливо выражение:

$$\frac{\varphi_{\Delta t}(\omega_1)}{\omega_1} = \frac{\varphi_{\Delta t}(\omega_2)}{\omega_2} = \Delta t; \quad (3)$$

где  $\Delta t$  – время распространения сигнала от приемника до границы раздела.

С учетом (3) выражение (2) запишем в следующем виде:

$$\begin{cases} \varphi_{\Delta}(\omega_1) = \varphi + \varphi_{\Delta t}(\omega_1) \\ \varphi_{\Delta}(\omega_2) = \varphi + \frac{\omega_1}{\omega_2} \cdot \varphi_{\Delta t}(\omega_1) \end{cases} \quad (4)$$

Выведем зависимость фазы коэффициента отражения,  $\varphi$ , от фазовых сдвигов на выходе синхронно-фазового детектора,  $\varphi_{\Delta}(\omega_1)$  и  $\varphi_{\Delta}(\omega_2)$ :

$$\begin{cases} \varphi_{\Delta}(\omega_1) - \varphi = \varphi_{\Delta t}(\omega_1) \\ (\varphi_{\Delta}(\omega_2) - \varphi) \cdot \frac{\omega_1}{\omega_2} = \varphi_{\Delta t}(\omega_1) \end{cases} \quad (5)$$

$$\varphi_{\Delta}(\omega_1) - \varphi = (\varphi_{\Delta}(\omega_2) - \varphi) \cdot \frac{\omega_2}{\omega_1} \quad (6)$$

$$\varphi \cdot \left(1 - \frac{\omega_2}{\omega_1}\right) = \varphi_{\Delta}(\omega_2) \cdot \frac{\omega_2}{\omega_1} - \varphi_{\Delta}(\omega_1) \quad (7)$$

$$\varphi = \frac{\left(\varphi_{\Delta}(\omega_2) \cdot \frac{\omega_2}{\omega_1} - \varphi_{\Delta}(\omega_1)\right)}{\left(1 - \frac{\omega_2}{\omega_1}\right)} \quad (8)$$

Выражение (8) позволяет определить фазу коэффициента отражения, при условии отсутствия частотной зависимости фазы коэффициента отражения.

Если фаза коэффициента отражения зависит от частоты, тогда фаза каждого радиоимпульса после отражения изменится на некоторое значение  $\varphi(\omega)$ , зависящее от несущих частот радиоимпульсов, акустических свойств среды распространения сигнала и отражающей границы.

В этом случае фазу коэффициента отражения можно определить с некоторой погрешностью, зависящей от отношения несущих частот радиоимпульсов,  $\omega_1/\omega_2$ . Если несущая частота опорного радиоимпульса выше несущей частоты исследования, то слагаемым  $(\omega_1/\omega_2) \varphi_{\Delta}(\omega_1)$  в выражении (4) можно пренебречь.

На рисунке 3 приведены акустические сигналы, падающие и отраженные от границы раздела.

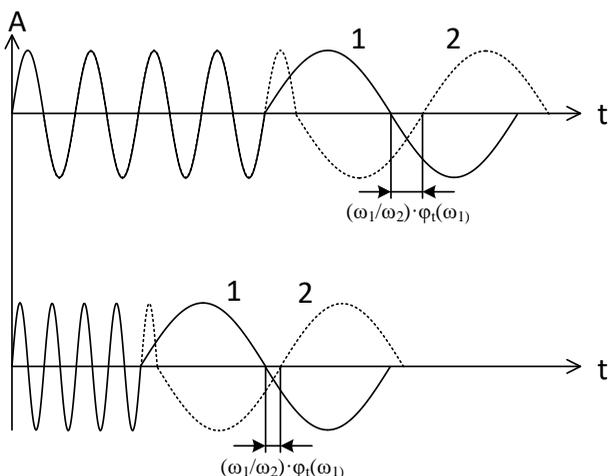


Рисунок 3 – Сигналы, поступающие на приемник до и после отражения от границы раздела (кривая 1 – прямой сигнал, кривая 2 – отраженный)

С помощью рассмотренной выше методики можно определить фазу коэффициента отражения. Реализация предлагаемой методики на практике возможна с помощью применения в качестве излучателя параметрической антенны. Узкая характеристика направленности параметрической антенны позволит сформировать луч, ширина которого не будет выходить за первую зону Френеля, что минимизирует искажения фазы из-за интерференции отраженного от границ раздела сигнала. Использование сигналов с частотами накачки в качестве опорных позволит минимизировать погрешность как показано на рисунке 3.

#### Библиографический список

1. Бондарев В.И. Основы сейсморазведки. Учебное пособие для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГТА, 2003. – 332 с.

2. Солдатов Г.В., Тарасов С.П., Каевицер В.И., Захаров А.И., Смольянинов И.В. Определения скорости звука в донных отложениях при экологическом мониторинге. Инженерный вестник Дона, №4, 2015 г.

3. Грубник Н.А. Исследование акустических свойств подводного грунта на высоких звуковых частотах. Акустический журнал, 1960, 6, выпуск 4, с 446-453.

**Солдатов Геннадий Валерьевич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: gsoldatov@sfedu.ru, 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8 (8634) 37-17-95, ассистент.

**Петров Андрей Игоревич**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: gsoldatov@sfedu.ru, 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел. 8 (8634) 37-17-95, студент.

УДК 534.7

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД ПО ПАРАМЕТРАМ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ**

*Жардецкая А.С., Вареникова А.Ю.*

Южный федеральный университет

e-mail: avarenikova@sfedu.ru

Проведено исследование зависимостей параметров нелинейных сред от распределения колебательной скорости частиц среды: акустического давления, изменения плотности, скорости звука с учетом нелинейных эффектов второго порядка.

В работе представлены математические выражения искомых зависимостей параметров исследуемых объектов от колебательной скорости частиц среды.

Приведены результаты моделирования влияния данных параметров на колебательную скорость частиц для двух нелинейных биологических сред, характеризующихся различным значением

нелинейного параметра: морской воды и глицерина. Описан характер искомых математических выражений.

Нелинейный параметр второго порядка, акустическое давление, плотность, скорость звука, нелинейная биологическая среда, колебательная скорость частиц среды.

**DETERMINATION OF THE PROPERTIES OF BIOLOGICAL ENVIRONMENTS IN THE PARAMETERS OF THE VIBRATIONAL VELOCITY**

*Zhardetskaya A.S., Varenikova A.YU.*

Southern Federal University

e-mail: avarenikova@sfnu.ru

A study of the dependence of the parameters of nonlinear media on the distribution of oscillatory speed of particles of the medium: acoustic pressure, density, speed of sound taking into account nonlinear effects of second order is held.

The paper presents a mathematical expression specifying dependencies of the parameters of the objects from the particle velocity of the medium.

The results of modeling the impact of these parameters on the oscillatory speed of particles for two nonlinear biological environments, characterized by different value of the nonlinear parameter of sea water and glycerin. Describes the nature of the required mathematical expressions.

The nonlinear parameter of the second order, acoustic pressure, density, speed of sound, nonlinear biological environment, the oscillatory speed of particles of the medium.

Исследование физических характеристик различных сред, в том числе биологических, является важной задачей для аналитической диагностики, вследствие их значительного влияния на жизнедеятельность человека, а также на его здоровье.

Известно, что наличие, отсутствие и изменение концентрации компонентов вещества может привести к нарушению естественного баланса в среде и нарушению процессов жизнедеятельности. Соответственно, актуальным является поиск и разработка надежных и информативных методов определения параметров изучаемых

сред. Перспективными являются акустические методы исследования, основанные на нелинейном взаимодействии ультразвуковых волн в среде. Исследуя параметры взаимодействия акустических волн в среде можно получить распределение нелинейного параметра, характеризующего структуру изучаемого объекта.

Важным является выбор измеряемого параметра акустической волны, от которого в дальнейшем можно перейти к восстановлению распределения нелинейности в исследуемом объекте. В работе предлагается в качестве такой характеристики использовать колебательную скорость частиц среды.

Для получения зависимостей параметров среды от колебательной скорости рассмотрим уравнение состояния в следующем виде [4-5]:

$$P = P_0 + \left(\frac{\partial P}{\partial \rho}\right) * \rho' + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 P}{\partial \rho^2}\right) * (\rho')^2 = P_0 + c^2(r)\rho' + \frac{\varepsilon_2(r)-1}{\rho_0} c^2(r)(\rho')^2 \quad (1)$$

Записанное в данном виде, это выражение учитывает пространственные распределения важных для исследования параметров: квадрат скорости звука  $c^2(r)$ , плотность исследуемой ткани  $\rho$ , нелинейный параметр второго порядка  $\varepsilon_2(r) = (1 + \gamma)/2$ .

После математических преобразований уравнения (1) получим следующие выражения, описывающие зависимости параметров нелинейной среды от колебательной скорости:

$$p(v) = \rho_0 c_0 v + \frac{b}{2} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\varepsilon_2 \rho_0}{2} v^2 \quad (2)$$

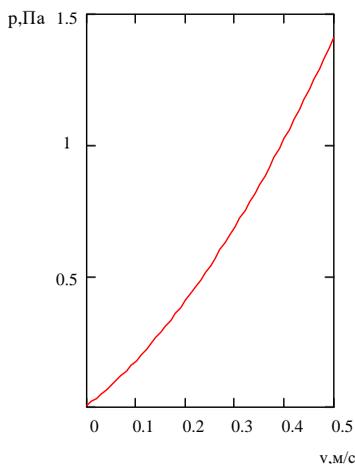
$$\rho'(v) = \frac{\rho_0}{c_0} v + \frac{b}{2c_0^2} \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{(\varepsilon_2 - 1)\rho_0}{2c_0^2} v^2 \quad (3)$$

$$c_{nonl}(v) = c_0 + (\varepsilon_2 - 1)v + \frac{b(\varepsilon_2 - 1)}{2\rho_0 c_0} \frac{\partial v}{\partial x} \quad (4)$$

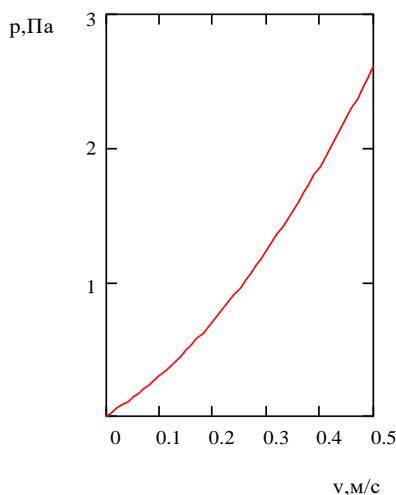
На рисунке 1 представлены зависимости акустического давления от колебательной скорости для сред, обладающих

различным значением нелинейного параметра. Данные графики построены по формуле (2).

На рисунке 1 а представлен график для морской воды, значение нелинейного параметра равно 5,25, рисунок 1 б отображает зависимость давления от колебательной скорости для глицерина, нелинейный параметр – 8,8. Полученные зависимости позволяют сделать следующие выводы: с увеличением значения колебательной скорости растут численные значения акустического давления в среде; для среды с большим значением нелинейного параметра (глицерин,  $\epsilon = 8,8$ ) наблюдаются более высокие значения акустического давления.



а) для морской воды

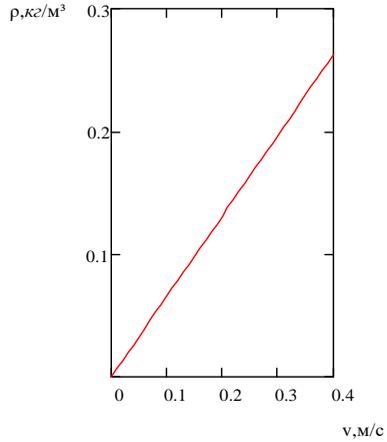
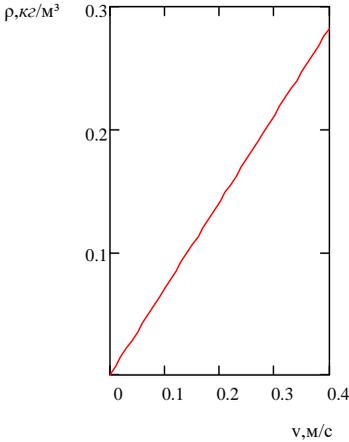


б) для глицерина

Рисунок 1 – Зависимость давления от колебательной скорости

Далее рассмотрим зависимость изменения плотности  $\rho'$  среды от колебательной скорости (выражение (3)).

Из показанных на рисунке 2 графиков видим, что в морской воде ( $\epsilon=5,25$ ) изменение плотности более существенно, чем для глицерина, значение нелинейного параметра которого выше.

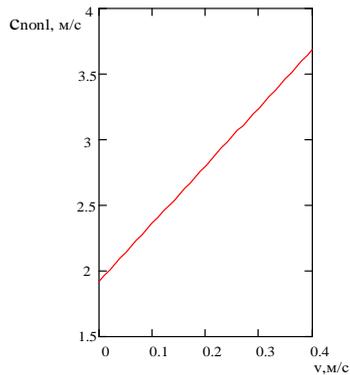
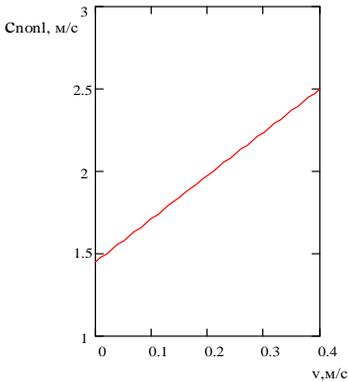


а) для морской воды

б) для глицерина

Рисунок 2 – Зависимость изменения плотности от колебательной скорости

Зависимости скорости звука с учетом нелинейных эффектов второго порядка от колебательной скорости частиц среды, представлены на рисунке 3 (уравнение (4)).



а) для морской воды

б) для глицерина

Рисунок 3 – Зависимость скорости звука с учетом нелинейных эффектов от колебательной скорости

Анализируя рисунок 3, можно сделать вывод, на рисунке б изменения фазовой скорости наиболее ярко выражены за счет физических свойств, характерных для глицерина, в том числе высокого значения нелинейного параметра.

Представленные зависимости параметров нелинейных сред от колебательной скорости частиц среды позволят перейти к восстановлению распределения нелинейного параметра биологической среды, характеризующего структуру изучаемого объекта.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-07-00374*

Библиографический список:

1. Вареникова А.Ю., Чернов Н.Н. Визуализация внутренних структур биообъектов на основе нелинейного взаимодействия ультразвуковых волн со средой. Научно-практическая конференция «Нелинейная акустика-50». Сборник трудов. – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2015. – 252.

2. Вареникова А.Ю., Чернов Н.Н. Исследование деформации профиля акустической волны в биологических тканях методами графического анализа. XIV Всероссийская научно-техническая конференция «Медицинские информационные системы МИС-2016», 19-22 декабря 2016, г. Таганрог – с. 174-186.

3. Вареникова А.Ю., Чернов Н.Н. Исследование прохождения акустической волны в биологических жидкостях с высокой нелинейностью. V Всероссийская молодежная школа-семинар «Инновации и перспективы медицинских информационных систем ИПМИС-2016», 19-22 декабря 2016, г. Таганрог. – с. 69-72

4. В.А. Буров, Р.В. Крюков, О.Д. Румянцева, А. А. Шмелев. Проблемы использования нелинейных коллинеарных процессов в акустической томографии третьего порядка. Акустический журнал, 2012, т. 58, №1, с 57-79.

5. В.А. Буров, Д.И. Зотов, О.Д. Румянцева. Восстановление пространственных распределений скорости звука и поглощения в фантомах мягких биотканей по экспериментальным данным ультразвукового томографирования. Акустический журнал, 2015, т. 61., 2, с. 254-273

6. Буров В.А., Шмелев А.А. Численное и физическое моделирование процесса томографирования на основе акустических нелинейных эффектов третьего порядка. Акустический журнал, 2009, т. 55, №4-5, с. 466-480.

7. Гусев В.А., Маков Ю.Н. Спектральное представление решения кубично-нелинейного уравнения простой волны Римана. Акустический журнал, 2010, т. 56, №5, с. 591-596

8. Gong X, Liu X., Zhang D. Study of third-order nonlinear parameter  $C/A$  for biological specimens//Nonlinear Acoustics – Fundamental and Applications (Proceedings of 18<sup>th</sup> International Symposium on Nonlinear Acoustics). Ed. Enflo B.O., Hedberg C.M., and Kari L, Melville, New York: American Institute of Physics, 2008, p. 444-447

9. Буров В.А., Зотов Д.И., Румянцева О.Д., Восстановление пространственных распределений скорости звука и поглощения в мягких биотканях по модельным данным ультразвукового томографирования. Акустический журнал, 2014, т.60, № 4, с. 443-456

10. Ruitter N.V., Zarf M., Hopp T., Dapp R., Gobel G. 3D ultrasound computer tography (USCT)// European Radiology. 2009. V. 19. Suppl. 4. P. S913-S918.

**Вареникова Анастасия Юрьевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: avarenikova@sfedu.ru, г. Таганрог, ул. Шевченко, д.2, корпус «Е», тел. 8(8634)37-17-95, Аспирант.

**Жардецкая Анастасия Сергеевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: anastasiya.zhardetskaya@gmail.com, г. Таганрог, ул. Шевченко, д.2, корпус «Е», тел. 8(8634)37-17-95, Магистрант.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ УСТРОЙСТВ ДЛЯ  
ДИСТАНЦИОННОЙ ПОДЗАРЯДКИ**

*Юрьева А.А.*

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий,  
электроники и приборостроения  
e-mail: uga\_814@mail.ru

Объектом исследования являются индуктивно связанные катушки различной конфигурации по типу воздушного трансформатора.

Целью работы является исследование методики беспроводной передачи энергии посредством двух взаимосвязанных катушек разных размеров и расположенных на различном расстоянии друг от друга.

Ключевые слова: импланты, метод электромагнитной индукции, техника беспроводной передачи энергии, первичная и вторичная обмотки катушки, электрический трансформатор, дальность передачи, импульсная передача энергии, передача энергии.

**RESEARCH OF CHARACTERISTICS OF THE  
ELECTROMAGNETIC FIELD OF DEVICES FOR REMOTE  
SATURATION**

*Yur'yeva A.A.*

Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics  
and Equipment Engineering  
e-mail: uga\_814@mail.ru

It is considered one of the ways energy implantable systems using contactless energy transfer. Due to the phenomenon of mutual induction on the secondary device is created with the induced current of the primary winding. Near zone – induction zone.

Key words: implants, electromagnetic induction method, wireless transmission technique, primary and secondary coil windings, electric transformer, transmission distance, impulsive energy transfer, energy transfer.

Беспроводная подзарядка встроенных в человеческое тело имплантируемых систем является темой узкого профиля. Серьёзные заболевания ЦНС, кажущиеся неизлечимыми могут поддаваться длительной электротерапии, снижая симптоматику. Сложность установки импланта очень велика в виду возможности повредить спинной мозг, также, как и каждый процесс демонтажа и новой установки импланта после его подзарядки, поэтому возможность использования беспроводной зарядки серьёзно облегчает работу нейрохирургов и жизнь пациентов.

Характерной чертой нынешнего тысячелетия является стремление к повышению качества и продолжительности жизни человека. Существенную роль в достижении этих целей играют успехи в разработке и использовании устройств, имплантируемых в организм человека – биоимплантатов. Спектр таких устройств в настоящее время охватывает все системы жизнедеятельности человека – от давно известных протезов и кардиостимуляторов до нейростимуляторов и микромашинных устройств для дозированной транспортировки лекарств. Каждое из активных имплантируемых устройств, содержащих активные элементы (микросхемы и т.п.), требует электропитания.

В настоящее время в имплантатах используются только невозобновляемые источники энергии – батареи, в моём случае часть устройства, содержащая элементы питания размещается в легкодоступном месте для врача, что позволяет свести хирургическое вмешательство к минимуму. Срок службы таких устройств составляет 7–10 лет и непосредственным образом зависит от типа батареи. Наиболее распространены из них литий – ионные с напряжением 3,7 В., поэтому ресурс работы имплантата ограничен. Для замены любого имплантата требуется оперативное медицинское вмешательство, что увеличивает риск инфицирования при каждой операции. Кроме того, нужно регулярно производить оценку состояния батареи имплантата, что производится только в лечебных учреждениях, с участием врача.

Существует несколько способов передачи энергии:

- Метод электромагнитной индукции;
- Электростатическая индукция;
- Лазерный метод;

- Электропроводность;
- Всемирная беспроводная система.

С данной статье мною будет рассмотрен метод электромагнитной индукции.

Техника беспроводной передачи методом электромагнитной индукции использует ближнее электромагнитное поле на расстояниях около одной шестой длины волны. Энергия ближнего поля сама по себе не является излучающей, однако некоторые радиационные потери все же происходят. Кроме того, как правило, имеют место и резистивные потери. Благодаря электродинамической индукции, переменный электрический ток, протекающий через первичную обмотку, создает переменное магнитное поле, которое действует на вторичную обмотку, индуцируя в ней электрический ток. Для достижения высокой эффективности взаимодействие должно быть достаточно тесным. По мере удаления вторичной обмотки от первичной, все большая часть магнитного поля не достигает вторичной обмотки. Даже на относительно небольших расстояниях индуктивная связь становится крайне неэффективной, расходуя большую часть передаваемой энергии впустую.

Электрический трансформатор является простейшим устройством для беспроводной передачи энергии. Первичная и вторичная обмотки трансформатора прямо не связаны. Передача энергии осуществляется посредством процесса, известного как взаимная индукция. Основной функцией трансформатора является увеличение или уменьшение первичного напряжения. Бесконтактные зарядные устройства мобильных телефонов и электрических зубных щеток являются примерами использования принципа электродинамической индукции. Индукционные плиты также используют этот метод. Основным недостатком метода беспроводной передачи является крайне небольшое расстояние его действия. Приемник должен находиться в непосредственной близости к передатчику для того, чтобы эффективно с ним взаимодействовать.

Использование резонанса несколько увеличивает дальность передачи. При резонансной индукции передатчик и приемник настроены на одну частоту. Производительность может быть

улучшена еще больше путем изменения формы волны управляющего тока от синусоидальных до несинусоидальных переходных формы волны. Импульсная передача энергии происходит в течение нескольких циклов. Таким образом, значительная мощность может быть передана между двумя взаимно настроенными LC-цепями с относительно невысоким коэффициентом связи. Передающая и приемная катушки, как правило, представляют собой однослойные соленоиды или плоскую спираль с набором конденсаторов, которые позволяют настроить принимающий элемент на частоту передатчика.

Обычным применением резонансной электродинамической индукции является зарядка аккумуляторных батарей портативных устройств, таких как портативные компьютеры и сотовые телефоны, медицинские имплантаты и электромобили. Техника локализованной зарядки использует выбор соответствующей передающей катушки в структуре массива многослойных обмоток. Резонанс используется как в панели беспроводной зарядки (передающем контуре), так и в модуле приемника (встроенного в нагрузку) для обеспечения максимальной эффективности передачи энергии. Такая техника передачи подходит универсальным беспроводным зарядным панелям для подзарядки портативной электроники, такой, например, как мобильные телефоны. Техника принята в качестве части стандарта беспроводной зарядки Qi.

Резонансная электродинамическая индукция также используется для питания устройств, не имеющих аккумуляторных батарей, таких как RFID-метки и бесконтактные смарт-карты, а также для передачи электрической энергии от первичного индуктора винтовому резонатору трансформатора Теслы, также являющимся беспроводным передатчиком электрической энергии.

Процесс передачи магнитного поля

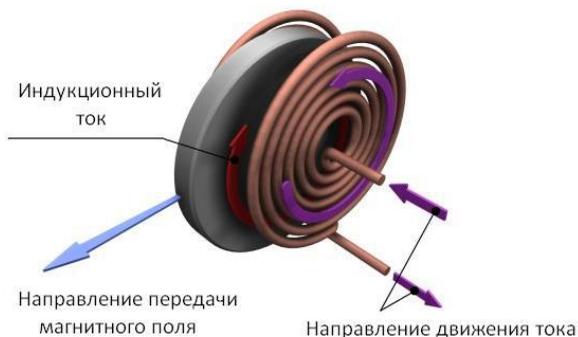


Рисунок 1 – Графическая модель передачи магнитного поля на приёмную катушку импланта

Высокотехнологичные медицинские имплантаты, такие как электростимуляторы и встраиваемые нейротрансмиттеры, давно страдают от тех же недостатков, что и смартфоны – их аккумуляторы слишком слабые, а возможности по зарядке связаны, в первую очередь, с подключением к проводам питающей сети. Однако, разрабатываемая технология позволит использовать данную методику для всех топологий организма человека, включая головной и спинной мозг.

Таким образом, разработка беспроводной системы зарядки имплантата является актуальной задачей в современном мире.

#### Библиографический список:

1. Теория и проектирование диагностической электронно-медицинской аппаратуры: Учеб.пособие/ В.М. Ахутин и др.- Л.: ЛГУ, 2010. – с 289.
2. Физиологические аспекты биоэлектрического управления протезами: Учеб.пособие/ Славущий Я. Л.. М.: Медицина, 1982.
3. Проектирование электронной медицинской аппаратуры для диагностики и лечебных воздействий: Учеб.пособие/ Попечителей Е.П., Кореневский Н.А., Филис С.А. С.-петербург, Изд-во Курск. 1999 г. с.39
4. Жуковский. В.Д. Медицинские электронные системы. М.: «Медицина». 1976. – 312с.

**Юрьева Александра Юрьевна**, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт нанотехнологий электроники и приборостроения, кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; e-mail: uga\_814@mail.ru; г. Таганрог, ул. Шевченко, д. 2 корп. «Е», тел. 8(8634)37-17-95, Магистрант.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

---

*Научное издание*

**«ЭКОЛОГИЯ, ПРОБЛЕМЫ ПРИМОРСКИХ  
ТЕРРИТОРИЙ»**

Сборник трудов  
Второй Всероссийской молодежной  
школы-семинара  
(Таганрог, Россия, 27–30 сентября 2017 г.)

Составитель В. Ю. Вишневецкий

Подписано в печать 21.11.2017.  
Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Усл. печ. л. 11,74. Уч.-изд. л. 6,69.  
Бумага офсетная. Тираж 150 экз. Заказ № 6121.

Отпечатано в отделе полиграфической, корпоративной и сувенирной продукции  
Издательско-полиграфического комплекса КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА ЮФУ  
344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1. Тел. (863) 247-80-51.