

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-технологическая академия

**Н. Н. ЧЕРНОВ**  
**М. В. ЛАГУТА**  
**А. Ю. ВАРЕНИКОВА**

**МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ НА ОСНОВЕ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН  
С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ТКАНЯМИ**

*Учебное пособие*

Ростов-на-Дону – Таганрог  
Издательство Южного федерального университета  
2021

УДК 534.7

ББК 30.11

Ч-829

*Печатается по решению кафедры электрогидроакустической  
и медицинской техники Института нанотехнологии, электроники  
и приборостроения Южного федерального университета  
(протокол № 24 от 26 февраля 2020 г.)*

**Рецензенты:**

доктор технических наук, профессор, генеральный директор  
ООО «НЕЛАКС» *С. П. Тарасов*

доктор медицинских наук, профессор кафедры интегративной медицины  
Первого МГМУ им. И. М. Сеченова *Л. В. Смекалкина*

**Чернов, Н. Н.**

Ч-829 Методы и приборы на основе взаимодействия акустических волн с биологическими тканями : учебное пособие / Н. Н. Чернов, М. В. Лагута, А. Ю. Вареникова ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. – 109 с. ISBN 978-5-9275-3801-0

В учебном пособии изложены основные теоретические положения о методах диагностики, применяемых в медицинских акустических приборах, приведены описания датчиков и основных блоков медицинских приборов. Содержатся вопросы проведения медицинских функциональных и клинических исследований на основе взаимодействия акустических полей с биологическими объектами. Рассмотрены различные виды акустических диагностических и терапевтических методов, основанных на различных механизмах взаимодействия акустических волн с биологическими объектами. Приведены образцы заданий для выполнения практических работ, контрольные вопросы и список литературы.

Пособие предназначено для освоения курса «Акустические методы и приборы в медицине» студентами направлений подготовки 12.03.01 «Приборостроение» и 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» при подготовке к практическим занятиям и для самостоятельного изучения курса.

УДК 534.7

ББК 30.11

ISBN 978-5-9275-3801-0

© Южный федеральный университет, 2021  
© Чернов Н. Н., Лагута М. В., Вареникова А. Ю., 2021  
© Оформление. Макет. Издательство  
Южного федерального университета, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
Глава 1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН С БИОЛОГИЧЕСКИМИ ТКАНЯМИ .....	7
1.1. Линейное взаимодействие акустических волн с биотканями	7
1.2. Прохождение, отражение и преломление УЗ-волны, прохо- дящей через слоистую биосреду .....	8
1.3. Затухание УЗ в биологических тканях .....	10
1.4. Дифракция, интерференция и рассеяние УЗ на неоднородно- стях в биологических тканях .....	12
1.5. Воздействие мощным ультразвуком на биологические ткани	14
1.5.1. <i>Нелинейное взаимодействие ультразвука с биологиче-                 скими тканями</i> .....	14
1.5.2. <i>Кавитация в биологических тканях</i> .....	20
1.6. Сонолюминесценция .....	22
Глава 2. УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ	24
2.1. Введение .....	24
2.2. Ультразвуковые методы медицинской интроскопии .....	25
2.2.1. <i>Эхолокационные методы визуализации</i> .....	25
2.2.2. <i>Разрешающая способность В-режима сканирования</i> ....	30
2.3. Теневые методы ультразвуковых исследований в медицине	31
2.3.1. <i>Трансмиссионная ультразвуковая энцефалография</i> .....	31
2.3.2. <i>Ультразвуковая денситометрия</i> .....	33
2.4. Допплеровские методы изучения гемодинамических пара- метров .....	35
2.4.1. <i>Физические основы и описание метода</i> .....	35
2.4.2. <i>Принципы построения аппаратуры доплеровской группы                 методов</i> .....	37
2.5. Ультразвуковая томография .....	40
2.5.1. <i>Классификация методов ультразвуковой томографии</i> ...	40
2.5.2. <i>Эхолокационная ультразвуковая томография (С-режим)</i>	41
2.5.3. <i>Метод синтезированной апертуры в акустической то-                 мографии</i> .....	42
2.5.4. <i>Классификация методов реконструктивной томографии</i>	45

2.5.5. Лучевая реконструктивная томография .....	47
2.5.6. Дифракционная (волновая) реконструктивная томография .....	50
2.6. Ультразвуковая микроскопия .....	51
Глава 3. ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ УЛЬТРАЗВУК .....	55
3.1. Введение .....	55
3.2. Ультразвуковые терапевтические приборы .....	57
3.3. Методики на основе тепловых эффектов терапевтического воздействия ультразвука .....	59
3.3.1. Тепловое воздействия ультразвука на биологические ткани .....	59
3.3.2. Биологические эффекты теплового воздействия ультра- звука на коллагенсодержащие ткани .....	62
3.4. Методики на основе нетепловых эффектов терапевтического воздействия ультразвука .....	63
3.5. Лекарственный фонофорез .....	65
3.6. Пунктуационная ультразвуковая терапия .....	66
3.7. Ультразвуковая аэрозольтерапия .....	67
Глава 4. УЛЬТРАЗВУК В ХИРУРГИИ .....	70
4.1. Классификация ультразвуковых хирургических методов .....	70
4.2. Методы на основе воздействия фокусированного ультразвука .....	70
4.3. Инструментальная ультразвуковая хирургия .....	73
4.3.1. Ультразвуковая резка биологических тканей .....	73
4.3.2. Ультразвуковое сверление костной ткани .....	75
4.3.3. Ультразвуковая сварка биологических тканей .....	77
4.3.4. Ультразвуковая трепанация .....	79
4.3.5. Ультразвуковая эндартерэктомия .....	81
Глава 5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ .....	84
5.1. Практическая работа № 1. Технические характеристики пре- образователей для медицинских акустических приборов .....	84
5.2. Практическая работа № 2. Ультразвуковые сканирующие си- стемы в медицинской диагностике .....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	103
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	104